



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

“Evaluación de la efectividad de la luz ultravioleta generada a través de energía hidroeléctrica para el tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto, 2018”.

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

BRIONES PONCE YANDRI OMAR

LOPEZ LUCAS EDISON VLADIMIR

Tutor:

Blgo. David Jesod Mero del Valle Mg. Sc.

MANTA – ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA LUZ ULTRAVIOLETA
GENERADA A TRAVÉS DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA PARA EL
TRATAMIENTO DEL AGUA DE LA REPRESA CAZA LAGARTO, 2018”.**

**Tesis presentada al H. Consejo Directivo de la Facultad Ciencias
Agropecuarias como requisito para obtener el título de:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

Ing. Yessenia García Montes Mg. Sc.
DECANA DE LA FACULTAD

Blgo. David Mero del Valle Mg. Sc.
TUTOR DE TESIS

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Ing. Ángel Pérez Bravo, Mg. Sc.

Ing. Paulina Espinoza, Mg. Sc.

Ing. Francisco Pico, Mg. Sc.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Blgo. David Jesod Mero del Valle certifica haber tutelado la tesis “Evaluación de la efectividad de la luz ultravioleta generada a través de energía hidroeléctrica para el tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto, 2018”., que ha sido desarrollada por Yandri Omar Briones Ponce y Edison Vladimir López Lucas, egresados de la carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, previo a la obtención del título de Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACION DE LA TESIS DE GRADO DEL TERCER NIVEL, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Blgo. David Jesod Mero del Valle Mg. Sc.

CI: 131207448-5

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Yandri Omar Briones Ponce y Yo, Edison Vladimir López Lucas declaramos que el siguiente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Manta, 05 de octubre del 2018

Briones Ponce Yandri Omar

C.I. 131255830-5

López Lucas Edison Vladimir

C.I. 131084328-7

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias Agropecuarias, mis más grandes agradecimientos por ser la encargada de formarme como profesional y como una persona competente y capaz de afrontar nuevos retos.

Al Blgo. David Mero del Valle y mi compañero Edison López, por el constante apoyo dedicado durante todo el transcurso del presente proyecto siendo guías primordiales para la realización del mismo.

Yandri Briones.

DEDICATORIA

La vida es un largo sendero por recorrer y construir conforme a las acciones y valores desarrollados dentro del espíritu y corazón.

Es por esto que con mucho cariño y consideración dedico la presente tesis principalmente a Dios por concederme la vida y quien me da aliento para seguir adelante y permitir haber alcanzado una meta más en mi vida como es la formación profesional.

A mis amados padres Sr. Gilberto Briones Cuenca y Sra. Norma Ponce Fernández que han sido un pilar fundamental para mi formación académica profesional que con mucho trabajo y esfuerzo han hecho de mí una persona de bien y me han inculcado muchos valores. A mis hermanos por su apoyo constante en cada semestre cruzado, Gracias por todo y que Dios los bendiga siempre.

A mi madrina Clara Luz Castillo por haberme ayudado en los inicios de mi carrera y siempre brindarme apoyo para seguir adelante en el transcurso de ella.

A mi esposa Zhenya Zambrano por haberme apoyado día y noche durante la elaboración de este trabajo de titulación y tener en el vientre una motivación más para ser mejor profesional, muchas gracias por todo el apoyo brindado.

Yandri Briones.

AGRADECIMIENTO

Deseo plasmar mis sinceros agradecimientos, empezando por el tutor de esta tesis, Blgo. David Mero del Valle, por la dedicación, apoyo y dirección que ha brindado a este trabajo, fruto de ideas y esfuerzos previos que conllevaron anécdotas y experiencias adquiridas.

De igual manera agradezco a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que en su debido momento abrió sus puertas para permitirme acceder a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y emprender un camino de conocimientos y saberes dentro de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales.

A mi compañero, Omar Briones; pieza fundamental en la ejecución del proyecto investigativo, por sus esfuerzos constantes, por ese ímpetu de lucha diaria y por su preocupación por salir adelante, por mil y una cosas siempre agradecido contigo mi amigo.

Gracias a mis maestros; Ing. Ángel Pérez por su apoyo incondicional, a la Ing. Paulina Espinoza por la confianza, conocimiento y motivación, al Ing. Xavier Anchundia, por sus buenos consejos; en fin, a todos y cada uno del equipo de docentes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales, por su entrega diaria en impartir conocimientos, por la sapiencia, instituir los valores y sobre todo la amistad y formar parte de los logros que, como estudiante conseguí y conquisté.

Edison López Lucas.

DEDICATORIA

Dedico éste esfuerzo:

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este peldaño y haberme dado la salud para lograr los objetivos.

A mis padres, Pedro y Zoila por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente sostenido a través del tiempo.

A mis hermanos, por estar constantemente apoyándome y creyendo en mí, a mi tía Mercedes y a su esposo, a mi hija Jennifer y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A los amigos que logré conseguir en este camino, pues aprendí de ellos y ellos de mí, apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional, motivando momentos de felicidad y de constante sana competencia, por estar presentes y hacer llevadero los momentos difíciles que en lo personal a veces nos toca pasar.

Edison López Lucas.

ÍNDICE GENERAL

MIEMBROS DEL TRIBUNAL	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
RESUMEN	XII
SUMMARY.....	XIII
1. CAPITULO I.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. CONTEXTUALIZACIÓN.....	4
1.3.1. MACRO	4
1.3.2. MESO	5
1.3.3. MICRO	6
1.4. ANÁLISIS CRÍTICO.....	7
1.5. DELIMITACION	8
1.5.1. ESPACIAL.....	8
1.5.2. TEMPORAL	8
1.6. OBJETIVOS	9
1.6.1. GENERAL	9
1.6.2. ESPECIFICOS	9
1.7. HIPOTESIS PLANTEADA.....	10
1.8. VARIABLES	10
1.8.1. VARIABLES DEPENDIENTES.....	10
1.8.2. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	10
1.9. JUSTIFICACION.....	11

2. CAPITULO II	13
2.1. MARCO TEÓRICO	13
2.1.1. HISTORIA DE LA DESINFECCION DEL AGUA	13
2.1.2. FUENTES DE CONTAMINACION DE AGUA	13
2.1.2.1. FUENTES NATURALES	14
2.1.2.2. FUENTES ARTIFICIALES.....	14
2.1.3. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA	15
2.1.3.1. MICROORGANISMOS PATÓGENOS	15
2.1.3.2. DESECHOS ORGÁNICOS.....	16
2.1.3.3. SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS.....	16
2.1.3.4. NUTRIENTES VEGETALES INORGANICOS.....	17
2.1.3.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS	17
2.1.3.6. SEDIMENTOS Y MATERIALES SUSPENDIDOS.....	18
2.1.3.7. SUSTANCIAS RADIOACTIVAS.....	18
2.1.3.8. CONTAMINACION TÉRMICA	18
2.1.3.9. EUTROFIZACION	18
2.2. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA SALUD HUMANA	19
2.2.1. DIRECTOS.....	19
2.2.2. INDIRECTOS	19
2.3. NECESIDAD DEL TRATAMIENTO DEL AGUAS	20
2.3.1. COMPOSICION DEL AGUA.....	20
2.3.2. CAPACIDAD DE AUTODEPURACION DEL AGUA.....	20
2.4. CONDICIONES PARA LA DESINFECCION DEL AGUA	21
2.4.1. EN GENERAL	21
2.4.2. NORMATIVO.....	21
2.4.3. ECONÓMICO.....	22
2.4.4. TÉCNICO	22

2.5. TIPOS DE TRATAMIENTO TERCARIOS PARA DESINFECCION DEL AGUA.....	22
2.5.1. TRATAMIENTO POR CLORACION	22
2.5.2. TRATAMIENTO POR OZONIZACION	23
2.5.3. TRATAMIENTO POR RADIACION U.V.	24
2.5.3.1. FUENTES DE LUZ U.V.	25
2.5.3.2. MECANISMO DE DESINFECCIÓN U.V.....	26
2.5.3.2.1. DIMERIZACIÓN DEL ADN	26
2.5.3.3. FACTORES ADICIONALES QUE AFECTAN A LA U.V.	26
2.5.3.3.1. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LA U.V.....	27
2.6. AGENTES INFECCIOSOS PRESENTES EN AGUAS NO TRATADAS ...	28
2.7. GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA	29
2.8. CATALIZADOR.....	30
2.9. DIOXIDO DE TITANIO.....	30
2.10. MARCO LEGAL.....	31
2.10.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR: DERECHO AL BUEN VIVIR.	31
2.10.2. CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (COA).....	32
2.10.3. LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA	33
2.10.4. LEY ORGANICA DE SALUD (PUBLICADA EN EL SUPLEMENTO DEL REGISTRO OFICIAL 423 DEL 22 DE DICIEMBRE DE 2006).....	34
CAPÍTULO II. DE LOS DESECHOS COMUNES, INFECCIOSOS, ESPECIALES Y DE LAS RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	35
3. CAPITULO III	36
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	36
3.2. MÉTODO	37
3.3. TÉCNICA.....	37
3.4. PROCEDIMIENTO	37
3.5. REVISIÓN LITERARIA.....	38

3.6. FASE ANALÍTICA	39
3.6.1. CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR.....	39
3.6.2. DISEÑO DEL REACTOR	41
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL	42
3.7.1. TRATAMIENTOS	42
3.7.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	43
3.7.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	43
3.7.4. DESARROLLO.....	43
3.8. DESCRIPCION Y ANALISIS DE RESULTADOS	44
4. CAPITULO IV	57
4.1. CONCLUSIONES	57
5. CAPITULO V	58
5.1. RECOMENDACIONES	58
5.2. PROPUESTA	58
6. BIBLIOGRAFÍA	59
7. ANEXOS	65

RESUMEN

La sustentabilidad de carácter ambiental plantea que el aprovechamiento que hoy hagamos de nuestros recursos naturales no debe perjudicar ni limitar las necesidades de las generaciones futuras ni de las especies que habitan el planeta, ésta es la premisa que sostuvo la investigación planteada en la que se optó en aprovechar el caudal de un cuerpo de agua para generar energía eléctrica y posteriormente se utilizó para generar luz ultravioleta y evaluar su eficiencia en el tratamiento microbiológico del agua de la represa Caza Lagarto que se encuentra ubicada en el Cantón Santa Ana de Vuelta Larga. En esta investigación se diseñó un reactor que generó energía eléctrica y proporcionó un voltaje efectivo de 9 V. Éste, energizó una tarjeta electrónica, que accionó una lámpara de luz ultravioleta y así se pudo aplicar el tratamiento planteado al agua. Como intensidad lumínica se planteó en tres parámetros: 200nm, 250nm y 300nm; en cuanto a tiempo de exposición se realizó en 8s, 10s y 15s; complementando el proyecto con la determinación de *Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *Coliformes totales* como indicadores biológicos para corroborar la efectividad de la luz U.V. en el agua. Los análisis de laboratorio permitieron evaluar la calidad del agua con respecto a su microbiología y se obtuvo resultados que posteriormente se analizaron estadísticamente y se logró concluir que la población de los microorganismos decrece conforme aumenta la intensidad y el tiempo de exposición, consecuentemente, la intensidad lumínica de 300 nm y tiempo de exposición de 15s es el más efectivo para el tratamiento al agua de la represa Caza Lagarto.

SUMMARY

Environmental sustainability suggests that the use we make today of our natural resources should not harm or limit the needs of future generations or the species that inhabit the planet, this is the premise that supported the research proposed in which it was chosen in taking advantage of the flow of a body of water to generate electrical energy and later it was used to generate ultraviolet light and to evaluate its efficiency in the microbiological treatment of the water of the Caza Lagarto dam is located in the city Santa Ana de Vuelta Larga. In this research, a reactor was designed that generated electrical energy and provided an effective voltage of 9 V. This energized an electronic card, which activated an ultraviolet light lamp and thus the treatment could be applied to the water. As luminous intensity, it was proposed in three parameters: 200nm, 250nm and 300nm; in terms of exposure time it was performed in 8s, 10s and 15s; complementing the project with the determination of *Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *total Coliforms* as biological indicators to corroborate the effectiveness of U.V. light in water. The laboratory analysis allowed to evaluate the quality of the water with respect to its microbiology and results were obtained that were later analyzed statistically and it was concluded that the population of the microorganisms decreases with increasing intensity and exposure time, consequently, the light intensity 300 nm and exposure time of 15s is the most effective for the water treatment of the Caza Lagarto dam.

1. CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. Todos somos conscientes de su importancia en la vida de los seres humanos, identifica la necesidad para beber, para producir alimentos, para lavar, en principales preocupaciones y tendencias sobre los recursos hídricos; esencia para mantener nuestra salud y nuestra dignidad (UNESCO 2007).

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua, generan aguas residuales; a medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo (UNESCO 2017).

La contaminación de recursos hídricos es cada vez un conflicto que genera proliferación de vectores, enfermedades, alteración de los nichos ecológicos y un sinnúmero de problemas ambientales que padece la población, y más aquella que vive aledaña a un cuerpo receptor de “aguas tratadas”, las cuales se sienten inconformes con el accionar de las autoridades pertinentes, que no toman en serio su rol (OMS 2000).

Particularmente para el agua, esto implica que utilicemos el recurso en la actualidad de modo tal que pueda ser aprovechado con buena calidad y en cantidad suficiente por nuestros hijos y nietos. Para lograrlo, es necesaria la solidaridad y cooperación de todos los actores que están involucrados, con distinto grado de participación y de responsabilidad, en la gestión del agua (Ruíz y Rodríguez 2013).

El manejo sustentable del agua es un desafío en el que se requiere la participación efectiva de la sociedad y del Estado en sus distintos niveles para tomar decisiones

bajo una visión compartida y así lograr equidad en el uso del recurso hídrico. (Ruíz y Rodríguez 2013).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es parte integrante del medio ambiente y resulta imprescindible para el buen funcionamiento de la biósfera. También es de vital importancia para todos los sectores socioeconómicos, ya que el desarrollo humano y económico es sencillamente imposible si no existe un abastecimiento de agua seguro y estable. Por otra parte, el agua es un elemento de formaciones vivientes en la tierra; sin embargo, es un factor que puede convertirse en un vehículo para la adquisición de diversas enfermedades en el ser humano. Actualmente, se reportan aproximadamente 20 enfermedades en las que el agua actúa directa e indirectamente en su aparición, algunos de ellos con alto impacto en términos de movilidad y mortalidad (Rodríguez 2007).

En la actualidad el recurso hídrico está sometido a presiones como consecuencia del crecimiento de la población, el incremento de las actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas no adecuadas, lo cual ha llevado a una competencia por los recursos limitados de agua dulce. Así mismo, una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza ha contribuido a que personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua. Las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del líquido vital; la causa de los problemas de su contaminación es la destrucción del bosque por incendios forestales, uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales (Carvajal y Suyapa 2002).

Los problemas relacionados con el agua se hacen cada vez más visibles en todo el mundo, la escasez generalizada de este recurso, su destrucción gradual, su creciente

contaminación, la expansión económica, el crecimiento demográfico, acompañados de los estilos de vida de alto consumo y producción excesiva de residuos han llevado al empleo cada vez mayor de agua (ADTI 2003).

El uso sostenible del agua es de importancia fundamental para el planeta, es esencial tanto para la producción agrícola como para el buen funcionamiento de los ecosistemas, sin embargo, es común encontrar un uso no sostenible del agua. El aumento de la población y del consumo de agua per cápita incrementa la presión sobre la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos y sobre los ecosistemas los cuales constituyen un elemento clave para la regulación y la purificación del agua (Pagiola 2004).

En Ecuador, la calidad del agua es un tema de importancia en la gestión de los recursos hídricos. Cada día, los niveles de contaminación de los cuerpos de agua superficiales son mayores y se necesita contar con información que sirva para establecer medidas de protección o recuperación de las zonas abastecedoras de agua y de las cuencas donde se desarrollan las actividades agrícolas y ganaderas. Tradicionalmente, la evaluación de la calidad del agua se ha efectuado considerando únicamente parámetros físico-químicos (Roldán 2003).

En Santa Ana – Manabí, el recurso hídrico es explotado principalmente en el sector agrícola y ganadero y se ve afectado principalmente por acumulación de sedimentos, debido a la deforestación en ciertas zonas río arriba, así como también por la descarga de efluentes domésticos y pecuarios de fincas aledañas a las riberas del río; la continua incorporación de materiales ajenos al recurso hídrico, amenaza a la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos. (El Diario 2012).

Por los problemas antes mencionados es que se realiza la investigación de **EVALUACION DE LA LUZ ULTRAVIOLETA GENERADA A TRAVES DE ENERGIA HIDROELECTRICA PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE LA REPRESA CAZA LAGARTO** mediante indicadores microbiológicos como: *Salmonella spp*, *Echerichia*

coli y *Coliformes totales*; para determinar el nivel de afectación y que los resultados que se obtengan, sirvan para plantear alternativas de mejoras para la conservación del recurso hídrico y el goce de buena salud por parte de los consumidores del agua río abajo o in situ.

1.3. CONTEXTUALIZACIÓN

1.3.1. Macro

Los antiguos pueblos orientales utilizaban arena y barro poroso para filtrar el agua, también en Europa los romanos, llegaban a separar el agua de buena calidad que usaban para beber y cocinar, del agua de peor calidad, obtenida de otras fuentes, que utilizaban para riego y limpiezas, hay registrados métodos para mejorar el sabor y el olor del agua 4.000 años antes de Cristo. Escritos griegos recomendaban métodos de tratamiento tales como filtración a través de carbón, exposición a los rayos solares y ebullición (Descalcificador10 2017).

La disponibilidad de agua en el nivel comunitario y domiciliario permite crear un ambiente higiénico para evitar o controlar la propagación de enfermedades infecciosas que afectan a la salud humana. El agua también es un medio importante de transmisión de muchas enfermedades y ha sido en gran parte responsable de muchas epidemias, tales como la tifoidea y el cólera, en todo el mundo, así como en América Latina y el Caribe (Reid s.f.).

En 1990 más de tres millones de niños menores de cinco años murieron por enfermedades diarreicas. Los más recientes avances en el tratamiento del agua han sido las mejoras alcanzadas en el desarrollo de membranas para ósmosis inversa y otras técnicas como la ozonización y otras relativas a la eliminación de los cada vez mayor número y cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable (Descalcificador10 2017)

La desinfección del agua ha sido reconocida como una de las barreras más importantes para proteger la salud de los seres humanos. Sin embargo, ésta debe ser constante y no debe considerarse como el único tratamiento para el agua de baja calidad. La baja calidad del agua potable afecta en forma especial la salud humana debido a la presencia de bacterias, virus, protozoarios o helmintos. El agua puede contaminarse en la fuente, en los tanques de almacenamiento, en el sistema de distribución o en los recipientes usados en la vivienda (Reid s.f.).

Cuando la concentración de los contaminantes supera la capacidad biodegradadora de estos microorganismos, se acumulan causando transformaciones en las características del agua, por ejemplo, generan malos olores, se altera el sabor y el color, incremento de los valores de DBO y DQO, variaciones en el pH, entre otros (González *et al* 2016).

Algunos de los productos vertidos, no son biodegradables y permanecen largo tiempo en el ambiente. Los elementos vivos de estas aguas, ingieren estos microorganismos o compuestos químicos o radiactivos y los llevan en la cadena trófica alimentaria de nuevo al ser humano, generando efectos negativos para la salud humana, aparte del daño ecológico en general (González *et al* 2016).

1.3.2. Meso

La mala calidad del agua que consumen los manabitas es la causa del incremento de las enfermedades de origen hídrico. Eso quedó demostrado en la investigación que realizaron los estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Técnica de Manabí (UTM). El estudio, que sirvió como tesis de grado, fue sustentado en presencia de varios delegados de la Dirección de Salud de Manabí y de las autoridades de la UTM (La Hora 2007).

Según diario La hora (2007), indicaron que, en los sectores periféricos de los 22 cantones, encontraron muestras de *Coliformes fecales* en el líquido y con ello la falta

de cloro residual. En los sectores céntricos de Manta, Portoviejo, Santa Ana, Jipijapa y Chone la calidad del agua es variable, pero la seguridad del agua aún no está confirmada. (...) En la provincia se registran más de 30 mil casos de Enfermedades Diarréicas Agudas (EDA) (...) Entre las enfermedades más peligrosas se encuentran la salmonelosis, tifoidea, shigelosis y hepatitis.

La contaminación de cuerpos de agua es un serio problema en zonas cercanas a centros poblados. Por un lado, las actividades de la población tienden a contaminar los cuerpos de agua y, por el otro, esta misma población se abastece de agua de los mismos. (...) en el caso río Portoviejo, se sabe de la existencia de decenas de descargas de aguas residuales domésticas sin tratar y/o deficientemente tratadas solo en el tramo del río que atraviesa la ciudad de Portoviejo, (...) la situación se agrava considerando que de este río se capta agua para plantas de potabilización de las ciudades más importantes de la provincia de Manabí (Vargas 2014).

1.3.3. Micro

La contaminación de las aguas es un problema de gran magnitud y tal vez uno de los más graves dentro de la problemática ambiental. Las situaciones que se presentan y los efectos que están produciendo en varias instancias en los procesos de los ciclos vitales del hombre y en los ecosistemas, son muy significativos. Los desechos portan elementos degradables y no degradables, tales como metales pesados, desechos orgánicos, grasas, compuestos tensoactivos, y también microorganismos patógenos (González *et al* 2016).

Según El Telégrafo (2015), en su versión online publica que, en Manabí, se consume agua tratada y envasada en bidón. Se desconfía del líquido que sale de los grifos, porque dicen que tiene un sabor raro. Además, las familias solo la usan para lavar ropa, baldear la casa y bañarse. Situación que se da a diario en los hogares manabitas.

En otros sectores concluyen que “El fluido que distribuyen los tanqueros es turbio, solo lo uso para lavar la ropa, regar las plantas y para higiene”. Otros beneficiarios optan por invertir mensualmente \$ 35 para agua tratada y de tanquero, lo que representa un doble gasto. (El Telégrafo 2015).

1.4. ANÁLISIS CRÍTICO

La contaminación del recurso hídrico en el mundo es una catástrofe que debería alarmar a todo ciudadano que consume el líquido vital dentro de sus actividades y necesidades vitales; pues cada vez es evidente su mala calidad, afectaciones en su distribución y con ello el descuido gubernamental e institucional de no otorgar un agua segura, faltando a la constitución ecuatoriana en sus Art. 12, 13 y 14, como referentes constitucionales de calidad para los conciudadanos.

En esta investigación Briones y López, optaron por plantear el concepto de sustentabilidad y sostenibilidad a fin de la utilización del recurso hídrico en la generación de energía eléctrica y a través de la producción efectiva de energía utilizarla para la aplicación de un método de desinfección, como fueron los rayos ultravioletas; que permitieron garantizar la inocuidad del líquido de consumo humano en su parte biológica y asentarle el seudónimo de agua segura.

El diseño de una tarjeta electrónica, la generación de energía eléctrica y el aprovechamiento de un cuerpo de agua, permitió establecer que el conjugar la tecnología puede ser significativo y llevar a concretar metas de carácter de saneamiento ambiental y de seguridad de la calidad de los recursos. El prototipo que se utilizó a escala laboratorio, permitió una remoción objetiva por encima del 90%, logrando estar por debajo de los parámetros permisibles, según la norma ambiental vigente.

1.5. DELIMITACION

1.5.1. Espacial

El espacio geográfico donde se realizó la investigación tiene dos puntos específicos, el primero se relaciona con la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga cuyas coordenadas UTM son 569989mE y 9866593mS de la zona 17S, está situada en el centro Este del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, posee un área de aproximadamente 315,32 km², altitudes que van desde los 49 hasta los 500 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 26°C y la presencia del río Portoviejo que nace en la parroquia Honorato Vásquez.

El segundo punto específico para esta investigación, fue designada la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí utilizando como punto experimental el laboratorio de aguas y suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Se tomó como referencia para la investigación el agua de la represa Caza Lagarto ubicada en el cantón Santa Ana de Manabí.

1.5.2. Temporal

Las fases bibliográficas y analíticas se llevaron a cabo durante los meses de noviembre, diciembre del 2017 y de enero a septiembre del 2018.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. GENERAL

Evaluar la efectividad de la luz ultravioleta generada a través de energía hidroeléctrica para el tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto.

1.6.2. ESPECIFICOS

- ❖ Diseñar un reactor con generación de energía eléctrica para aplicación del tratamiento al agua captada de la represa Caza Lagarto.
- ❖ Determinar la presencia bacteriana de *Coliformes totales*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*; después de la exposición al tratamiento con la luz ultravioleta.
- ❖ Estimar la intensidad lumínica y tiempo de exposición óptimo para el tratamiento al agua captada de la represa Caza Lagarto.

1.7. HIPOTESIS PLANTEADA

La luz ultravioleta generada a través de energía hidroeléctrica será efectiva para el tratamiento microbiológico del agua de la represa Caza Lagarto.

1.8. VARIABLES

1.8.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Presencia de Microorganismos (*Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Coliformes totales*).

1.8.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- ❖ Tiempo de exposición
- ❖ Intensidad lumínica

1.9. JUSTIFICACION

A lo largo del desarrollo de la humanidad, los ecosistemas de agua dulce han representado elementos indispensables para la vida silvestre de plantas, animales y otras formas de vida; además de brindarles recursos como agua, energía hidráulica, alimentos y lugares apropiados para el desarrollo del turismo al ser humano. Una de las principales problemáticas ambientales es la explotación y el uso inadecuado de los recursos naturales, lo que se debe al desconocimiento de los procesos que operan en los ecosistemas de agua dulce. Para erradicar estos problemas es necesario tomar una serie de medidas para el manejo con vistas a su conservación, recuperación parcial o total y su posible uso sostenible. Esto conlleva a uno de los graves problemas que afectan a escala mundial como lo es la alteración causada por la incorporación de elementos a la biosfera producto de la actividad del ser humano, lo cual se conoce como contaminación (Hernández 2005).

El acelerado crecimiento de las ciudades sin planificación previa, en función de las urgencias habitacionales o las oportunidades del mercado inmobiliario, ha modificado el necesario equilibrio entre naturaleza y ciudad. Por ello importantes áreas naturales son ocupadas sin un estudio previo de las características del medio físico y la compatibilidad de usos, generando de esta manera zonas de vulnerabilidad ambiental caracterizadas por la pobreza, las enfermedades, la delincuencia, la contaminación, la degradación del ambiente natural, etc. (Pérez 2006).

Según Beltrán y Jiménez (2000), mencionan que: *“La desinfección del agua es una práctica muy antigua, la primera patente en Estados Unidos data de 1898. La mayoría de las plantas de tratamiento a nivel mundial utilizan cloro como desinfectante por su simplicidad de aplicación y bajo costo. Sin embargo, este proceso tiene la desventaja de generar productos secundarios denominados organoclorados que se consideran carcinógenos. Como alternativa existe la luz ultravioleta (U.V.), la cual sin generar subproductos es efectiva para inactivar organismos patógenos.”*

La luz ultravioleta (U.V.) es una alternativa establecida y de creciente popularidad en comparación al uso de químicos para la desinfección de agua de varias calidades. Los sistemas de desinfección U.V. pueden ser diseñados para un rango vasto de aplicaciones siempre que se dé la atención debida a la calidad del agua siendo desinfectada y los objetivos de desinfección buscados (Wright, H. B. y Cairns W. L. s/f).

Por diversas razones, el proceso de tratamiento y/o purificación de aguas mediante fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio como catalizador es, hoy por hoy, una de las aplicaciones fotoquímicas que más interés ha despertado entre la comunidad científica internacional. Por un lado, la fotocatalisis heterogénea, a diferencia de la mayoría de los procesos fotoquímicos, no es selectiva y puede emplearse para tratar mezclas complejas de contaminantes (Blanco *et al* 2017).

Sustentándose, en investigaciones científicas al respecto se optó por la evaluación de la luz ultravioleta, como una alternativa en el tratamiento de aguas que solo necesiten desinfección, a esto se acompaña el dióxido de titanio (TiO₂), como catalizador e innovando el sistema con la incorporación de una etapa de generación eléctrica lo que permitirá que esta tecnología alternativa sea muy eficiente. (Villanueva 2011).

2. CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. HISTORIA DE LA DESINFECCION DEL AGUA

La relación existente entre la calidad del agua y la salud se conoce desde siempre. Las aguas claras se consideraban aguas limpias mientras los pantanos eran considerados zonas sucias y aguas no salobres. La desinfección de las aguas se ha utilizado durante mucho tiempo.

Dos reglas básicas se pueden ya encontrar en el año 2000A.C que decía que las aguas debían ser expuestas a la luz del sol y filtrada con carbón. El agua impura se debía de hervir e introducir un trozo de cobre siete veces, antes de filtrar el agua. (Lenntech s.f.).

La razón fundamental de la desinfección del agua es disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por la misma, mediante la destrucción o inactivación de los diversos organismos patógenos que están o pueden estar presentes en la fuente de agua. Ésta, durante el proceso de transporte o almacenamiento puede infectarse y generar un riesgo (Witt y Reiff 1993).

Cuando se carece de un abastecimiento de agua corriente idóneo y continuo en el hogar, la desinfección domiciliaria y el almacenamiento seguro constituyen las barreras más importantes contra las enfermedades transmitidas por el agua (Witt y Reiff 1993)

2.1.2. FUENTES DE CONTAMINACION DE AGUA

“Según la Real Academia Española “contaminación” es la acción y efecto de contaminar. Este último significa “alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos”. Cuando el medio

son los ríos, presas, océanos o cualquier otro cuerpo acuífero, hablamos de contaminación del agua. Cualquier residuo orgánico o inorgánico que tiras por el drenaje de tu casa desembocará en un río” (Sepúlveda 2018).

2.1.2.1. FUENTES NATURALES

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar (Sanchón s.f.).

El agua es vulnerable a la actividad volcánica en muchas formas través del impacto directo, la contaminación y la alteración de los niveles de agua. (...) La ceniza cae sobre todo lo que está en su camino incluyendo el agua descubierta. Según U.S. Geological Survey, si el agua es parte de una fuente de agua para beber, la ceniza rápidamente la contaminará. (...) La turbidez mide la capacidad del agua para absorber la luz; los altos niveles indican agua turbia lo que desencadena el crecimiento de bacterias (Alley 2018).

2.1.2.2. FUENTES ARTIFICIALES

Según Sepúlveda (2018), dice que: *“Algunos productos y servicios en mayor o menor medida van a traer consecuencias en el medio. Pero, tratándose del agua, existen ciertos contaminantes más causales que otros”.*

En primer lugar, se encuentran los desechos industriales, (...) estos productos contaminantes derivados de los procesos de industria, contamina ríos y canales, principalmente. Además, están los desechos orgánicos, (...) los mismos que cuando se presenta en el agua, los organismos descomponedores, necesitan oxígeno para

actuar y un agua sobrecargada de desechos orgánicos, escasea de oxígeno y las plantas y animales pueden morir (Sepúlveda 2018)

El aumento de temperaturas también influye en la contaminación del agua, por la misma causa anterior. Cuando en un ecosistema cambia su temperatura habitual, la fuente de agua disminuye su cantidad de oxígeno. Este fenómeno está ligado al calentamiento global por el uso de combustibles fósiles como, por ejemplo, la gasolina que permite que funcione el motor de un vehículo (Sepúlveda 2018).

2.1.3. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA

Según Sanchón (s.f.), hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes ocho grupos:

2.1.3.1. MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños (Sanchón s.f.).

Dentro de las bacterias establecidas como contaminantes del agua se han aislado Gram negativas, especialmente de los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Bordetella*, *Neisseria*, *Moraxella* y *Acinetobacter*. Un grupo importante es *Enterobacteriaceae* (*Escherichia*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, y *Citrobacter*), (...) corresponden a 10% de los microorganismos intestinales humanos y animales, por lo que su presencia en

el agua está asociada con contaminación fecal e indica tratamientos inadecuados o contaminación posterior (Ríos-Tobón *et al* 2017).

Los virus son la principal causa de morbilidad y mortalidad en las enfermedades de transmisión hídrica y en ningún caso se consideran flora normal del tracto gastrointestinal de animales y humanos. El 87% de enfermedades virales transmitidas por agua son causadas por el virus de la Hepatitis (A y E), Adenovirus y Rotavirus en los grupos A, B y C con predominio del primero, causante de diarrea acuosa y vómito especialmente en niños (Ríos-Tobón *et al* 2017).

2.1.3.2. DESECHOS ORGÁNICOS

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de fábricas, y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias pobres en energía (Aguirre 2007).

El oxígeno disuelto en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática. (Aguirre 2007).

2.1.3.3. SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS

Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de

azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). (Ordoñez 2000).

2.1.3.4. NUTRIENTES VEGETALES INORGANICOS

Nitratos y fosfatos son buenos para el agua que se utiliza para las plantas. Cuando estos están en mayor cantidad produce en las aguas un mayor incremento de algas y otras plantas. Luego cuando estas mueren, en su descomposición por bacterias, hace que el agua se quede sin oxígeno, produciendo lo que llamamos agua maloliente e inutilizable. contaminación ambiental agua. (Velasco 2017).

2.1.3.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS

Son todos estos compuestos contienen el elemento carbono. Aunque hay muchas excepciones, de origen natural compuestos orgánicos (azúcares, proteínas, alcoholes, etc.) se sintetizan en las células de los organismos vivos, o como el petróleo y el carbón en bruto, formado por los procesos naturales que actúan sobre los productos químicos orgánicos de organismos que viven sólo una vez (Carbotecnia 2014).

Los productos químicos orgánicos también pueden ser sintetizados en laboratorios y empresas químicas. Se está produciendo un número creciente de estos compuestos orgánicos sintéticos. Estos pueden incluir los plaguicidas (DDT, Aldrín, Dieldrín, Clordano, Hexaclorobenceno, Heptacloro) utilizados en la agricultura, plásticos, tejidos sintéticos, colorantes, aditivos de la gasolina como Metil ter-butil éter (MTBE), solventes como el tetracloruro de carbono, benceno, cloruro de vinilo y muchos otros productos químicos (Carbotecnia 2014).

2.1.3.6. SEDIMENTOS Y MATERIALES SUSPENDIDOS

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos (Sanchón *s.f.*).

2.1.3.7. SUSTANCIAS RADIOACTIVAS

Se denomina contaminación radioactiva o contaminación nuclear a la presencia no deseada de sustancias radioactivas en el entorno, esta contaminación puede proceder de radioisótopos naturales cuando se trata de aquellos isótopos radiactivos que existen en la corteza terrestre o de los que se generan continuamente en la atmósfera por la acción de los rayos cósmicos y radioisótopos artificiales, son los que no existen de forma natural en la corteza terrestre, sino que se han generado en alguna actividad humana. (Vaquerizo 2006).

2.1.3.8. CONTAMINACION TÉRMICA

El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Sanchón *s.f.*).

2.1.3.9. EUTROFIZACION

La eutrofización es el proceso de contaminación más importante de las aguas en lagos, balsas, ríos, embalses, etc. Este proceso está provocado por el exceso de nutrientes

en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, procedentes mayoritariamente de la actividad del hombre. (Del Salto 1998).

2.2. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA SALUD HUMANA

Según Sanchón (*s.f.*), La contaminación del agua representa un gran problema de salud Pública. Los mecanismos de transmisión de las enfermedades pueden ser:

2.2.1. DIRECTOS

Los efectos de carácter directo a causa de la contaminación del agua sobre la salud humana, es la producción de enfermedades como la diarrea, la arsenicosis y la fluorosis por la ingestión de agua contaminada con microorganismos y/o productos químicos (OMS 2017)

2.2.2. INDIRECTOS

El agua actúa como vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales. Así mismo, los moluscos acumulan gran cantidad de polivirus y pueden ser ingeridos y afectar a los seres humanos (Sanchón *s.f.*).

A estos efectos existen también las enfermedades que, como la esquistosomiasis, tienen un organismo causante que está presente en el agua como parte de su ciclo vital; (...) también aquellas enfermedades que, como el paludismo y el dengue, transmiten vectores que se reproducen en el agua (OMS 2017)

2.3. NECESIDAD DEL TRATAMIENTO DEL AGUAS

2.3.1. COMPOSICION DEL AGUA

El agua es fuente de vida, toda la vida depende del agua. Constituye un 70% del peso corporal y en las algas un 98%. Se necesita el agua para respirar, para lubricar los ojos, para desintoxicar el organismo y mantener constante su temperatura. Desde el punto de vista químico, el agua es considerada como un compuesto cuya condición de polaridad de sus moléculas hace que estas se atraigan entre sí, generando una interacción molecular entre el polo positivo de una molécula y el polo negativo de otra. (Concha *s.f.*)

El agua que se filtra en el suelo y forma las aguas subterráneas como el agua contenida en acuíferos, generalmente tienen una gran cantidad de minerales disueltos, como resultado del contacto con el suelo y las rocas. Las actividades humanas, como son la agricultura y la industria generan gran cantidad de contaminantes que luego se descargan a las aguas residuales (Lenntech 2016).

2.3.2. CAPACIDAD DE AUTODEPURACION DEL AGUA

El agua tiene la capacidad de auto depurarse. Los contaminantes son eliminados del agua mediante procesos biológicos. Cuando el agua sedimenta en la tierra o las capas subterráneas se producen la filtración natural del agua. Los contaminantes se descomponen, o se mantendrán en las capas subterráneas. La capacidad de auto-depuración del agua no es suficiente para producir agua apta para consumo humano. Además, existen grandes cantidades de contaminantes introducidos en las aguas debido a las actividades agrícolas o industriales (Lenntech 2016).

El desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso que dicha agua requerirá de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre. (Hanna Instruments 2013).

2.4. CONDICIONES PARA LA DESINFECCION DEL AGUA

2.4.1. EN GENERAL

La información sobre las condiciones generales relacionadas con la selección de sistemas de desinfección puede incluir el clima, precipitación pluvial, temperatura, humedad, topografía, comunicaciones, transporte, infraestructura comercial y disponibilidad y fiabilidad de la energía eléctrica. También es necesario tener suficiente información sobre el tipo, capacidad y cantidad de las fuentes de agua; su calidad química, biológica y física; el tratamiento antes de la desinfección, y el nivel actual y potencial de la contaminación (OPS 2007).

2.4.2. NORMATIVO

El sistema de desinfección deberá garantizar la calidad del agua para el consumo humano, cumpliendo con la normativa vigente y en el caso de Ecuador sustentándose en el Acuerdo Ministerial 097-A que modifica al Libro VI Anexo1 del TULSMA o si fuere el caso de la no existencia de una norma se basaría en las Guías de la OMS (OPS 2007).

2.4.3. ECONÓMICO

La tecnología menos costosa no siempre es la más conveniente. La desinfección es tan importante que la fiabilidad, continuidad y eficacia generalmente tienen prioridad sobre los costos iniciales o los de operación y mantenimiento. Según las circunstancias, una solución más costosa podría convenir si la fiabilidad, durabilidad, sencillez de operación y disponibilidad de repuestos y suministros son mejores que los del sistema menos costoso (OPS 2007).

2.4.4. TÉCNICO

La disponibilidad y fiabilidad de una fuente de energía eléctrica suele ser un factor determinante que en muchos casos restringe la selección de algunas tecnologías de desinfección para los sistemas de abastecimiento de agua para comunidades pequeñas. Por ejemplo, podría excluir el uso de los dispositivos para la generación de desinfectantes en el sitio, y bombas de dosificación (OPS 2007).

2.5. TIPOS DE TRATAMIENTO TERCIARIOS PARA DESINFECCION DEL AGUA

2.5.1. TRATAMIENTO POR CLORACION

Según Díaz (2006) define que *“el cloro es uno de los desinfectantes del agua más antiguo, y de uso común en América Latina y el Caribe considerándose” (...)* (Koshland s.f.) una opción de tratamiento de bajo costo que se utiliza para mejorar el sabor y la claridad del agua a la vez que se eliminan muchos microorganismos como bacterias y virus.

El cloro se encuentra a la venta en diferentes formulaciones y presentaciones, relativamente sencillas de aplicar al agua, siendo un bactericida y virucida eficaz en la mayoría de las situaciones que, además, proporciona un residual que puede medirse

fácilmente y ayuda a proteger el agua contra la recontaminación microbiana (Díaz 2006).

Los agentes patógenos bacterianos presentes en el agua pueden controlarse eficazmente mediante una cloración fiable siempre que esta esté clara. Esto es importante, si tenemos en cuenta que los agentes bacterianos son responsables de hasta el 45% de los casos de diarrea en los niños de países en desarrollo. De igual manera *Vibrio cholerae*, causante de la reciente epidemia en América Latina es susceptible al cloro (Díaz 2006).

VENTAJAS

- Bajo costo de operación.
- Es confiable y efectivo para un amplio rango de microorganismos patógenos.
- Largo plazo de eficacia

DESVENTAJAS

- Es tóxico a los organismos acuáticos
- Riesgo Químico
- Formación de compuestos organoclorados
- Resistencia de ciertos patógenos
- Posible acidificación de los océanos

2.5.2. TRATAMIENTO POR OZONIZACION

El ozono (O₃) es una forma alotrópica e inestable del oxígeno que se produce al someter un flujo de aire (u oxígeno) seco a una fuerte descarga eléctrica, a temperaturas bajas. El O₃ es un gas azul y altamente tóxico con olor picante. Como es un fuerte agente oxidante resulta eficaz como desinfectante. Solo es ligeramente soluble en agua, y esto unido a su inestabilidad (muy rápidamente intenta volver a

formar O₂), hace que sea difícil dejar o mantener ozono residual en el agua (Tejero *et al s.f.*).

El ozono no genera productos residuales extraños, ni olores ni sabores, pero es caro, al consumirse gran cantidad de energía en su producción. Otro inconveniente importante es que no deja residual, por lo que habrá que clorar para asegurar la calidad en la red de abastecimiento (Tejero *et al s.f.*).

Las dosis de ozono en desinfección suelen ser pequeñas, entre 0.5 y 4 mg/L. Para la fase de contacto con el agua se utilizan tanques cerrados con tiempos de retención de entre 5 y 10 minutos. Después de este tiempo debe existir una concentración residual de O₃ de entre 0.3 y 0.5 mg/L. Para eliminar totalmente los gérmenes comunes y los virus, debe mantenerse una concentración de ozono residual de 0.3 a 0.4 mg/L durante un tiempo mínimo de cuatro minutos (Tejero *et al s.f.*).

VENTAJAS

- No existen efectos residuales
- Aumento de la concentración de O₂ disuelto

DESVENTAJAS

- Es corrosivo
- Puede causar problemas respiratorios si se inhala en altas concentraciones
- Requiere electricidad

2.5.3. TRATAMIENTO POR RADIACION U.V.

La luz ultravioleta (U.V.) es una alternativa establecida y cada vez más popular frente al uso de productos químicos para la desinfección de agua potable, aguas residuales y aguas industriales de varias calidades. Los sistemas de desinfección U.V. pueden ser diseñados para una amplia gama de aplicaciones siempre que se preste la debida

atención a la calidad del agua que se está desinfectando y a los objetivos de desinfección buscados (Wright y Cairns s.f.).

2.5.3.1. FUENTES DE LUZ U.V.

La luz ultravioleta es la porción del espectro electromagnético que se encuentra entre los rayos X y la luz visible (Tabla 2.5.3.1.). Se han definido cuatro regiones del espectro U.V.- vacío U.V. entre 100 y 200nm, U.V.C entre 200 y 280nm, U.V.B entre 280 y 315nm, y U.V.A entre 315 y 400nm (Meulemans, 1986). La aplicación práctica de la desinfección U.V. se basa en la capacidad germicida de U.V.C. y U.V.B. (Wright y Cairns s.f.).

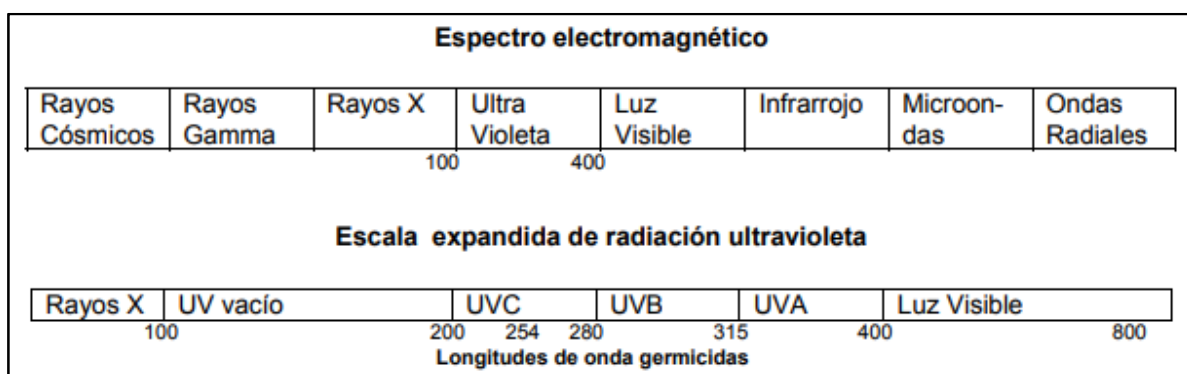


TABLA 2.5.3.1. El espectro electromagnético. **Fuente:** Wright y Cairns, s.f.

Si bien el sol es una fuente de luz ultravioleta, la absorción de la radiación de onda corta por parte de la capa de ozono de la tierra impide que cantidades significativas de U.V.B y U.V.C (NASA, 1972) alcancen la superficie de la tierra. Por ello, las aplicaciones prácticas de desinfección U.V. dependen de fuentes artificiales de U.V. Las fuentes de U.V. más comunes son lámparas de arco de mercurio de baja y mediana presión que están disponibles comercialmente (Wright y Cairns s.f.).

2.5.3.2. MECANISMO DE DESINFECCIÓN U.V.

2.5.3.2.1. DIMERIZACIÓN DEL ADN

Los microorganismos son inactivados por la luz U.V. como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos. La radiación U.V. es absorbida por los nucleótidos, los bloques constitutivos del ADN y ARN de la célula, según la longitud de onda, con los valores más altos cerca de 200 y 260 nm (Sonntag y Schuchmann, 1992; citado por Wright y Cairns s.f.).

La formación de un número suficiente de dímeros dentro de un microbio impide que éste replique su ADN y ARN, lo que impide su reproducción. Debido a la dependencia de la longitud de onda para la absorción de U.V. por parte del ADN, la inactivación U.V. de los microbios también está en función de la longitud de onda (Wright y Cairns s.f.).

En general, las bacterias son menos resistentes a la U.V. a 254nm que los virus, los cuales a su vez son menos resistentes que las esporas de bacterias. Si bien los quistes y ovocitos de protozoarios son considerados como los patógenos microbianos más resistentes a U.V. a 254nm, existe alguna evidencia de que los quistes son más susceptibles a la inactivación por luz U.V. policromática de lámparas de mediana presión (Wright y Cairns s.f.).

2.5.3.3. FACTORES ADICIONALES QUE AFECTAN A LA U.V.

La efectividad de la U.V. en la eliminación de contaminación microbiológica es directamente dependiente de las cualidades físicas de la alimentación de agua.

Sólidos suspendidos o partículas causan un problema en el que los microbios se esconden tras la coraza de los sólidos y así pueden pasar a través de los

esterilizadores sin tener una penetración directa de la U.V. Esta coraza puede reducirse por medio de filtración de al menos 5 micras de tamaño. (Econext s.f.).

Hierro/manganeso causa incrustación en el tubo de cuarzo a niveles bajos de 0.03 ppm de Hierro y 0.05 ppm de manganeso. Un pretratamiento adecuado es requerido para eliminar este problema. (Econext s.f.).

Calcio/magnesio, dureza de calcio y magnesio permite la incrustación en la lámpara o en el tubo de cuarzo, este problema se hace notar especialmente a bajos flujos cuando el calcio y magnesio se unen a los carbonatos y sulfatos para formar la incrustación dentro de la cámara del esterilizador y en la lámpara o tubo de cuarzo. (Econext s.f.).

Otros compuestos absorbentes como el ácido húmico o fúmico, así como las taninas reducen la cantidad de energía ultravioleta para que penetre a través del agua y afecte el material genético, la molécula de ADN. (Econext s.f.).

2.5.3.3.1. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LA U.V.

Según Wright y Cairns (s.f.); mencionan los beneficios de la aplicación de la U.V.

- ✓ No se usan químicos que se tengan que almacenar o manejar, no hay problemas por una dosis, no afectan el medio ambiente.
- ✓ Costo de capital inicial bajo, así como también se reducen los gastos de operación comparándolos con las tecnologías similares como el ozono y el cloro.
- ✓ Proceso inmediato, no se necesita tanque de almacenamiento, ni tiempos de retención muy largos.
- ✓ Muy económicos cientos de galones pueden tratarse por cada centavo del costo de operación.

- ✓ No se añaden químicos a la alimentación por tanto no hay subproductos de formación como sucede cuando se aplica cloro y que junto con los orgánicos forman los llamados trihalometanos.
- ✓ No hay ningún cambio en el color, olor, pH o en la conductividad, ni tampoco en la química general del agua.
- ✓ Operación automática sin atenciones especiales o mediciones, sin necesidad de un operador.
- ✓ Simplicidad y facilidad de mantenimiento, limpieza periódica y reemplazo de lámparas anualmente, no tiene piezas móviles de que preocuparse.
- ✓ No hay manejo de químicos tóxicos, no hay necesidad de almacenamientos especiales.
- ✓ Fácil instalación sólo se necesitan dos conexiones de agua y una conexión de energía.
- ✓ Más efectivo que el cloro contra los virus.
- ✓ Compatible con todos los demás procesos de tratamiento de agua, como con filtración osmosis inversa, intercambio iónico.

2.6. AGENTES INFECCIOSOS PRESENTES EN AGUAS NO TRATADAS

ORGANISMOS	ENFERMEDAD CAUSADA
BACTERIAS	
<i>ESCHERICHIA COLI</i>	GASTROENTERITIS
<i>SALMONELLA TYPHI</i>	FIEBRE TIFOIDEA
COLIFORMES FECALES	DIARREAS, VOMITOS

TABLA 2.6. Agentes infecciosos potencialmente presentes en aguas no tratadas
ELABORADO POR: Briones Y. & López E. © 2018

2.7. GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía puede definirse como todo aquello que es capaz de realizar trabajo o provocar movimiento. Toda la materia tiene energía, siendo ésta, por lo tanto, una propiedad de la materia que puede tomar muchas formas como calor, luz, electricidad, movimiento, sonido, fuerzas nucleares; todas ellas son manifestaciones de la energía (Carmona *et al* 2012).

La ley de la inducción electromagnética publicada por Faraday consiste en que, a partir de campos magnéticos variables respecto al tiempo, es posible producir campos eléctricos y, en consecuencia, corrientes eléctricas. Esta ley permite el funcionamiento de los generadores eléctricos (Carmona *et al* 2012).

Las máquinas eléctricas nos ayudan a transformar una forma de energía en otra. Éstas pueden usarse en dos formas: como motores, cuando se quiere convertir la energía eléctrica en energía mecánica, y como generadores, cuando la energía mecánica se transforma en energía eléctrica (Carmona *et al* 2012).

La idea básica de un generador eléctrico consiste en el movimiento de un imán frente a una bobina. Este movimiento es circular; sin embargo, lo que importa no es la velocidad angular del imán, sino su velocidad tangencial, que es el producto de la velocidad angular por el radio de giro del imán o distancia radial del imán al eje de giro. Para generar la misma cantidad de fuerza electromotriz (fem), un generador cuyos imanes estén cerca del eje de giro necesitará más velocidad angular (rpm) que un generador cuyos imanes estén más alejados de dicho eje (Carmona *et al* 2012).

2.8. CATALIZADOR

En 1981, finalmente, la definición aceptada por la IUPAC es la siguiente: “un catalizador es aquella sustancia que incrementa la velocidad de la reacción sin alterar la energía libre de Gibbs estándar de la misma; el proceso se denomina catálisis y la reacción en que está involucrado un catalizador se denomina reacción catalizada” (Díaz 2010)

Las reacciones catalíticas se pueden clasificar en homogéneas, enzimáticas y heterogéneas (Díaz 2010).

Las homogéneas se producen en una sola fase, gaseosa o líquida (esta última es la más frecuente), y en ellas el catalizador se encuentra disperso uniformemente (Díaz 2010).

La catálisis heterogénea, la más importante desde el punto de vista industrial, tiene lugar en sistemas de reacción polifásicos, donde la reacción se produce en la interfase. Normalmente el catalizador es sólido y los reactivos gases, vapores o líquidos (Díaz 2010).

La catálisis enzimática, que ocurre en las reacciones bioquímicas, posee características propias de las dos anteriores, aunque mecanísticamente se asemeja más a la catálisis heterogénea (Díaz 2010).

2.9. DIOXIDO DE TITANIO

El dióxido de titanio, TiO_2 , es un semiconductor tipo n sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética en la región del U.V., es anfótero y muy estable químicamente. Por las características mencionadas es el fotocatalizador más

empleado y actualmente se utiliza para degradar moléculas orgánicas durante la purificación del agua (Ochoa *et al* 2009).

El dióxido de titanio, TiO₂, es un compuesto de gran interés tecnológico... presenta cuatro fases cristalinas: rutilo (estructura tetragonal), anatasa (estructura octaédrica), brookita (estructura ortorrómbica) y una de alta presión del tipo α-PbO₂ (Ochoa *et al* 2009).

El dióxido de titanio, especialmente en fase anatasa, es ampliamente utilizado como fotocatalizador por sus propiedades ópticas y electrónicas, bajo costo, estabilidad química y baja toxicidad, principalmente. Un gran número de trabajos han reportado que el TiO₂ es un buen fotocatalizador debido a que posee un adecuado valor de banda prohibida (~3eV). Además, es utilizado como pigmento blanco, por sus propiedades de dispersión, recubrimiento anticorrosivo, sensor de gases, absorbente de rayos U.V. en productos cosméticos y de manera general en la industria cerámica (Ochoa *et al* 2009)

2.10.MARCO LEGAL

2.10.1.Constitución de la república del Ecuador: Derecho al buen vivir.

- Título II, capítulo segundo, sección segunda: ambiente sano.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (sumak kawsay). Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la

prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.10.2. Código Orgánico del Ambiente (COA)

Art. 4.- Disposiciones comunes. Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí.

Art. 6.- Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración (...).

Art. 9.- Principios ambientales (...) **9. Reparación Integral.** Es el conjunto de acciones, procesos y medidas, incluidas las de carácter provisional, que aplicados tienden fundamentalmente a revertir impactos y daños ambientales; evitar su recurrencia; y facilitar la restitución de los derechos de las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas.

CAPITULO II INSTRUMENTOS DEL SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTION AMBIENTAL

Art. 17.- De la investigación ambiental. El Estado deberá contar con datos científicos y técnicos sobre la biodiversidad y el ambiente, los cuales deberán ser actualizados permanentemente. La Autoridad Ambiental Nacional deberá recopilar y compilar dichos datos en articulación con las instituciones de educación superior públicas, privadas y mixtas, al igual que con otras instituciones de investigación.

CAPITULO V CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIOTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIOTICOS Art. 191.-

Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

2.10.3. LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Considerando que, los artículos 12, 313 y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

- Sección Segunda Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

Artículo 81.- Autorización administrativa de vertidos.

La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua; Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Título II. De la conservación y contaminación de las aguas.

Capítulo I. De la contaminación

Art. 22. Prevención de la contaminación. Se prohíbe toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana.

Art. 77. De las infracciones y penas que se establecen.

2.10.4. LEY ORGANICA DE SALUD (Publicada en el Suplemento del Registro Oficial 423 del 22 de diciembre de 2006)

Libro II. Salud y seguridad ambiental Título Único Capítulo I. Del agua para consumo humano

Art. 96.- “Declárese de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano, Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano”.

Capítulo II. De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes

Art. 101.- “Las viviendas, establecimientos educativos, de salud y edificaciones en general, deben contar con sistemas sanitarios adecuados de disposición de excretas y evacuación de aguas servidas”.

Art. 103.- “Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país. Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto”.

Art. 104.- “Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades. Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir esta disposición”

3. CAPITULO III

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, también conocida con el acrónimo de ULEAM es una universidad pública, fundada el 13 de noviembre de 1985, de carácter laico, cuya sede principal se encuentra ubicada en la ciudad de Manta, 0°57'10"S 80°44'43"O vía a San Mateo.

La represa Caza Lagarto se encuentra ubicada en el cantón Santa Ana de Vuelta Larga que geográficamente se encuentra ubicado en el centro sur de la Provincia de Manabí, en un hermoso valle rodeado por los cerros: Peminche y Bonce al noroeste, el cerro Mate al sur, las Guaijas y las montañas del Sasay al oeste; limita al Norte con el Cantón Portoviejo, al Sur con los Cantones Olmedo y 24 de Mayo; al Este con el Cantón Pichincha y al Oeste con los Cantones 24 de Mayo. (GAD Santa Ana s.f)

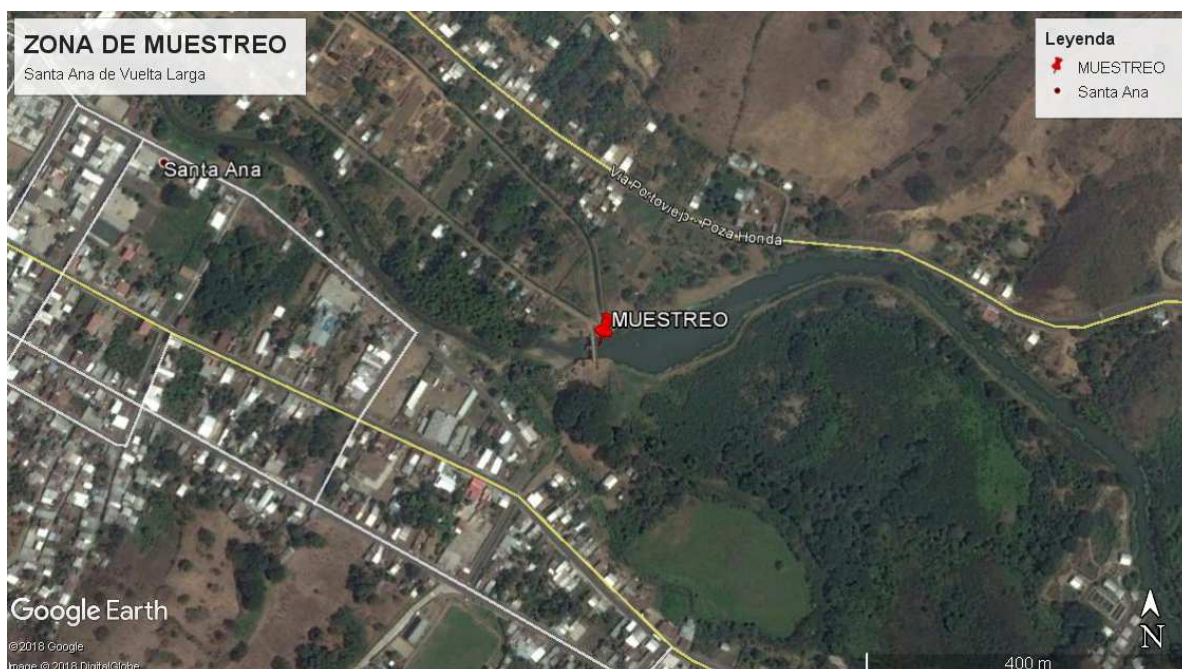


Imagen 1. Localización del lugar de la toma de muestra de agua objeto de la presente investigación.
Disponible en: <https://www.google.com/maps>

3.2. MÉTODO

Los métodos aplicados fueron los siguientes:

Documental; Recopilación de información bibliográfica relacionada a los factores en estudio, las técnicas de determinación de los microorganismos indicadores e información de los instrumentos y componentes utilizados en todas y cada una de las etapas del proyecto.

Descriptivo; basado en la recolección, manipulación, organización e interpretación de datos y presentación de los resultados obtenidos se definió una idea clara de los beneficios de la aplicación del tratamiento al agua de la represa Caza Lagarto.

3.3. TÉCNICA

Observación; permitió la recopilación de información relacionada a la aplicación de luz ultravioleta como tratamiento alternativo del agua, definió la eficiencia de la tecnología aplicada y permitió determinar las características del cuerpo de agua en cuanto a los parámetros permisibles.

Muestreo; se colectó una muestra compuesta del cuerpo de agua y de esta forma, se ahorrarán recursos y se obtendrán resultados cercanos a los que se alcanzarían si se analizara a toda el agua.

3.4. PROCEDIMIENTO

Este proceso propuso la construcción del reactor como primera fase, como segunda fase la recolección de muestras, que se realizó in situ a orillas de la represa, en la parte media; en su tercera etapa la aplicación del tratamiento propuesto al agua de la represa

Caza Lagarto y una fase de recolección de datos después de aplicado el tratamiento; contribuyendo de manera positiva a la investigación planteada.

Para la prueba presuntiva para la determinación de Coliformes totales se utilizó caldo lactosa en tres series sucesivas de cinco tubos incubados a 37 °C por un lapso de 24 a 48 horas. La prueba se consideró positiva en los tubos con turbidez y producción de gas.

Posteriormente se realizó la prueba confirmativa, inoculando con el asa bacteriológica desde los tubos positivos de la prueba presuntiva, hacia otros tubos que contienen medio de cultivo caldo bilis lactosa verde brillante y posteriormente su incubación a 35-37 °C por un lapso de 24 a 48 horas. La prueba se consideró positiva en los tubos con turbidez y producción de gas.

Para la determinación de *Escherichia coli*, se realizó en medio específico caldo E. C. Los tubos se incubaron a 44.5 °C (± 0.5 °C) por 24 h. Finalmente, el UFC se determinó mediante tablas estadísticas establecidas por la American Public Health Association (APHA *et al* 1999).

Se realizó la comparación de los valores obtenidos de los parámetros biológicos con los límites máximos permisibles para Coliformes totales y *Escherichia coli* establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua modificado a través del Acuerdo Ministerial 097, se determinó la calidad biológica.

3.5. REVISIÓN LITERARIA

Esta etapa se realizó la recopilación y análisis de todo tipo de información referente a procesos de generación de energía hidroeléctrica, literatura que respalde la utilidad de

la luz Ultravioleta como tratamiento alternativo del agua incluido en la investigación propuesta.

Toda la información recopilada, tuvo su punto de partida en la problemática existente en los tratamientos de agua y contribuir de manera positiva en un tratamiento para aquellas aguas que solo necesitan desinfección en concordancia con el Acuerdo Ministerial 097-A y de esta manera puedan cumplir con aquellos parámetros establecidos en las normas ambientales vigentes y darle la utilidad al agua con respecto a la necesidad del hombre.

Se recopiló información detallada, acerca de los procedimientos para la determinación de *Coliformes totales*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*; estos análisis microbiológicos en aguas se respaldan bajo la Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria de Control Microbiológico de los Alimentos que detalla la determinación de microorganismos *Coliformes* por la técnica del número más probable (NMP), aquello permitió determinar la presencia de *Coliformes totales* y las Unidades formadora de colonias (UFC) para *Escherichia coli* y *Samonella spp*.

3.6. FASE ANALÍTICA

3.6.1. CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR

Para el presente proyecto se buscó incorporar el concepto de Hidráulica a algún elemento, el cual tenga alguna utilidad. En este caso se eligió realizar un generador hidráulico el cual se rigió por el principio de conservación de la energía; debido a las transformaciones que tuvo éste, internamente al ponerse en movimiento. El principal objetivo del prototipo fue generar energía eléctrica a partir de la hidráulica.

El reactor que sirvió para evaluar prueba de la efectividad de la luz ultravioleta en el tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto, se construyó a escala de laboratorio compuesto de los siguientes elementos:

- Lámpara ultravioleta
- Tubería de PVC
- Reservorios Agua
- Dinamo generador energía
- Tarjetas electrónicas
- Cable #16
- Soporte para reservorios

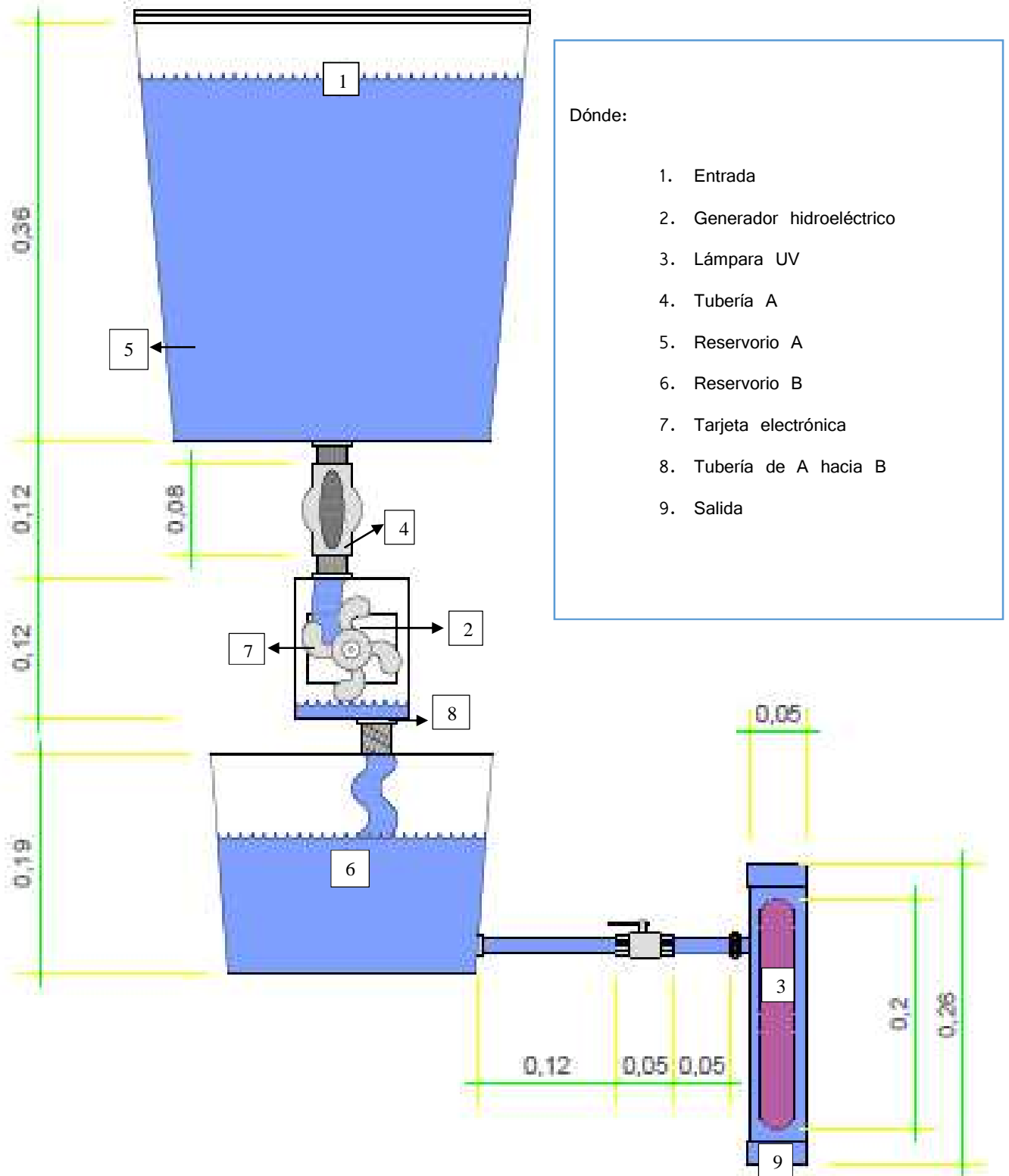
Para objeto de practicidad, se llenaron dos bidones de agua de 20 litros de capacidad cada uno y se transportó desde el lugar de captación hasta los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias para su aplicación en las etapas del proyecto, posterior tratamiento y análisis.

Para la obtención de dicha energía, en primera instancia se logró verter 20 litros de agua captada en el recipiente principal del reactor, para seguidamente dejar circular dicho volumen en caída libre y esta agua aplicó y transfirió su energía a las aspas del generador, obligado a moverse y así producir energía eléctrica de 9 voltios, que se necesitó para la aplicación del tratamiento al agua en estudio.

Se diseñó una tarjeta electrónica bajo el software Proteus 8 Professional y permitió tener características únicas que, en su posterior ensamble físico, controló y accionó la lámpara U.V. de 4 Watts en tres parámetros de intensidad, calibrados en longitud de onda de 200 nm, 250 nm y 300 nm y ello permitió darle tratamiento al agua en estudio.

Para la calibración de la tarjeta electrónica, se contó con el soporte y asesoramiento de un profesional en electrónica de la ciudad de Ibarra, para ello se utilizó un osciloscopio para medir y calibrar las intensidades planteadas en la presente investigación, resultó que estas medidas fueron muy pequeñas y se optó por utilizar módulos que amplificaron la frecuencia y así poder calibrar la tarjeta electrónica.

3.6.2. DISEÑO DEL REACTOR



Dónde:

1. Entrada
2. Generador hidroelectrico
3. Lámpara UV
4. Tubería A
5. Reservorio A
6. Reservorio B
7. Tarjeta electrónica
8. Tubería de A hacia B
9. Salida

Elaborado por: Briones Y. & López E. © 2018.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación es de tipo bifactorial, es decir que existen dos factores en estudio, los mismos que se detallan a continuación.

FACTOR A: Intensidad lumínica

A1 – 200 nm

A2 – 250 nm

A3 – 300 nm

FACTOR B: Tiempo de exposición







B1 – 8 segundos

B2 – 10 segundos

B3 – 15 segundos

3.7.1. TRATAMIENTOS

Tratamientos	Código	Intensidad Lumínica (nm)	Tiempo (s)
1	A1B1	200	8 s
2	A1B2	200	10 s
3	A1B3	200	15 s
4	A2B1	250	8 s
5	A2B2	250	10 s
6	A2B3	250	15 s
7	A3B1	300	8 s
8	A3B2	300	10 s
9	A3B3	300	15 s

 A1 I. LUMINICA 200 nm	 B1 TIEMPO EXPOSICIÓN 8s
 A2 I. LUMINICA 250 nm	 B2 TIEMPO EXPOSICIÓN 10s
 A3 I. LUMINICA 300 nm	 B3 TIEMPO EXPOSICIÓN 15s

Elaborado por: Briones Y. & López E. © 2018.

3.7.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para los presentes análisis de laboratorio, en primera instancia el agua muestra incluyó un control o testigo que no se le aplicó tratamiento alguno y tampoco se le agregó el catalizador dióxido de titanio TiO_2 y se analizó directamente; en tanto que, para los tratamientos aplicados el agua en estudio incorpora una dosis única de 500 miligramos por cada 100 ml de muestra de agua en el contenedor número 1 (revise el apartado 12.6.2. diseño del reactor e identifique el contendor numero 1).

Para la determinación del número más probable de *Coliformes totales* se realizó una prueba presuntiva con caldo lactosado y a partir de los tubos positivos que resultaron de ésta; se procedió a realizar la prueba confirmativa con Caldo Bilis verde brillante, tal y como lo indica Camacho (2009) en Método para la determinación de bacterias *Coliformes*, *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP).

3.7.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para el análisis estadístico se utilizó el software SigmaPlot; dicho software de licencia no libre, es caracterizado como uno de los paquetes estadísticos más conocidos y utilizados en el área científica. Por su versatilidad, dinamismo e interfaz de usuario, permitió realizar el análisis de ANOVA de la presente investigación, de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio.

3.7.4. DESARROLLO

La investigación realizada fue de carácter experimental, en la cual se utilizó agua que se captó del sector Caza Lagarto del cantón Santa Ana de Vuelta Larga de la provincia de Manabí y cuyo volumen sirvió para la ejecución del proyecto de investigación.

3.8. DESCRIPCION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez realizados los respectivos análisis de laboratorio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.8. Obtención de resultados una vez aplicados los respectivos tratamientos aplicados al agua de la represa Caza Lagarto.

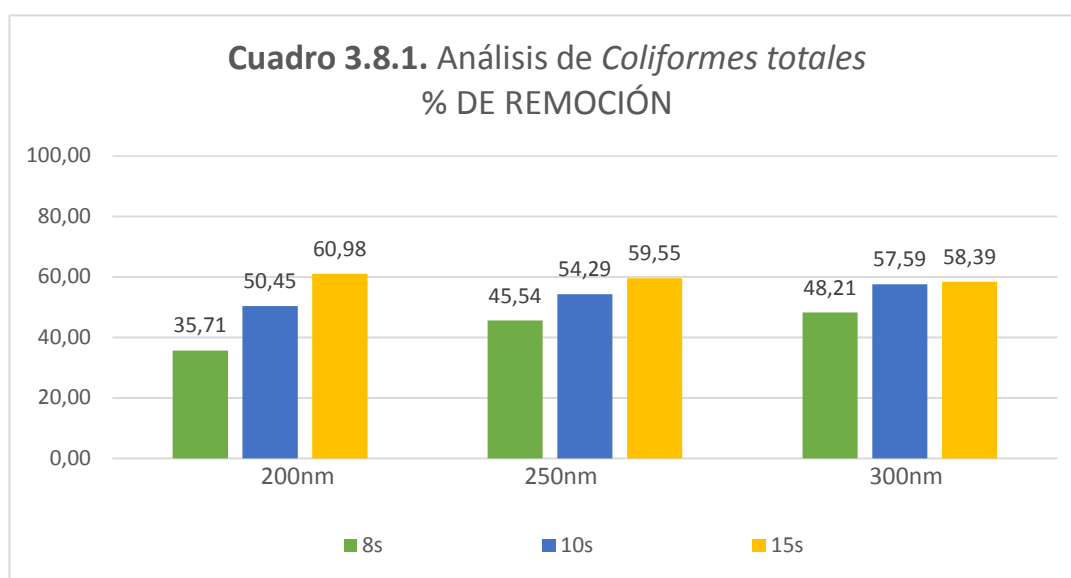
CÓDIGO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD (nm)	COLIFORMES NMP/100 mL.	ESCHERICHIA COLI UFC/100 mL.	SALMONELLA SPP UFC/100 mL.
A1B1	8s	200	180	5	4
A1B1R1	8s	200	190	4	3
A1B1R2	8s	200	180	5	3
A1B1R3	8s	200	170	4	4
A1B2	8s	250	160	3	3
A1B2R1	8s	250	150	3	3
A1B2R2	8s	250	160	2	2
A1B2R3	8s	250	140	3	1
A1B3	8s	300	140	2	2
A1B3R1	8s	300	145	3	3
A1B3R2	8s	300	150	3	2
A1B3R3	8s	300	145	1	2
A2B1	10s	200	140	3	6
A2B1R1	10s	200	138	4	5
A2B1R2	10s	200	138	3	4
A2B1R3	10s	200	139	3	5
A2B2	10s	250	130	2	3
A2B2R1	10s	250	128	2	2
A2B2R2	10s	250	126	1	3
A2B2R3	10s	250	128	2	1
A2B3	10s	300	120	3	3
A2B3R1	10s	300	119	2	3
A2B3R2	10s	300	119	1	1
A2B3R3	10s	300	117	1	1
A3B1	15s	200	108	6	4
A3B1R1	15s	200	110	4	4
A3B1R2	15s	200	109	5	3
A3B1R3	15s	200	110	6	3
A3B2	15s	250	115	4	5
A3B2R1	15s	250	113	3	2
A3B2R2	15s	250	111	2	3
A3B2R3	15s	250	114	3	2
A3B3	15s	300	118	2	2
A3B3R1	15s	300	116	4	4
A3B3R2	15s	300	115	1	1
A3B3R3	15s	300	117	0	1
*CONTROL	0	0	280	12	8

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

* El Control es el mismo para todos los tratamientos

Una vez realizado el muestreo del agua, se procedió a aplicar el tratamiento planteado en intensidad lumínica y tiempo de exposición; con las medidas de seguridad y protocolos para optimizar dicho tratamiento; y por ello, los análisis de laboratorio permitieron obtener resultados que estadísticamente se analizaron con la prueba de ANOVA.

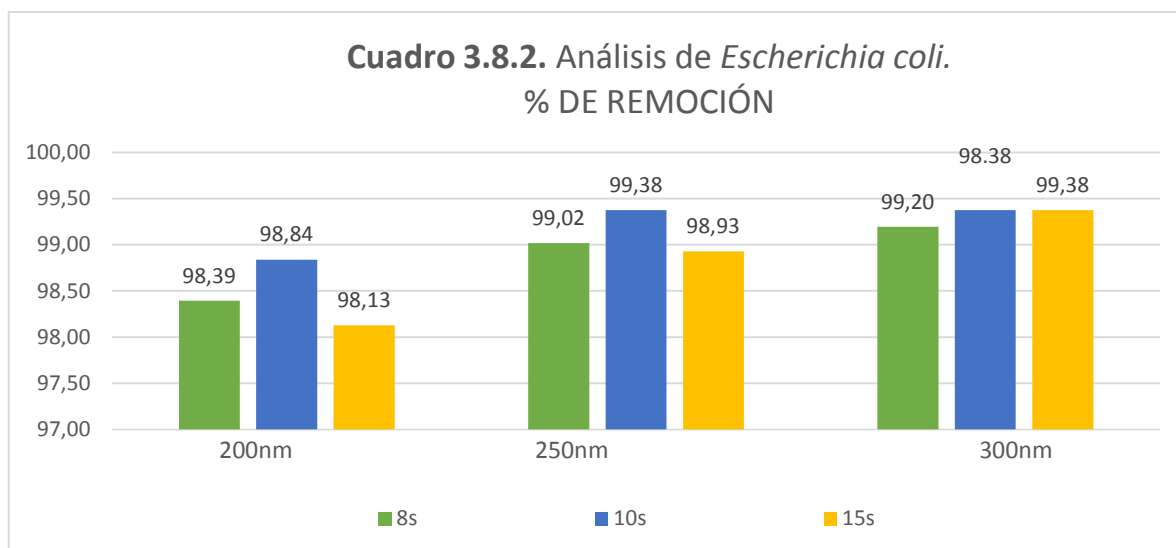
Es importante destacar que el control o testigo es aquella unidad experimental que no se le realizó tratamiento alguno, ni tampoco se le adicionó algún factor o compuesto químico para alterar su composición físico química para el análisis de laboratorio dentro de esta investigación.



Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

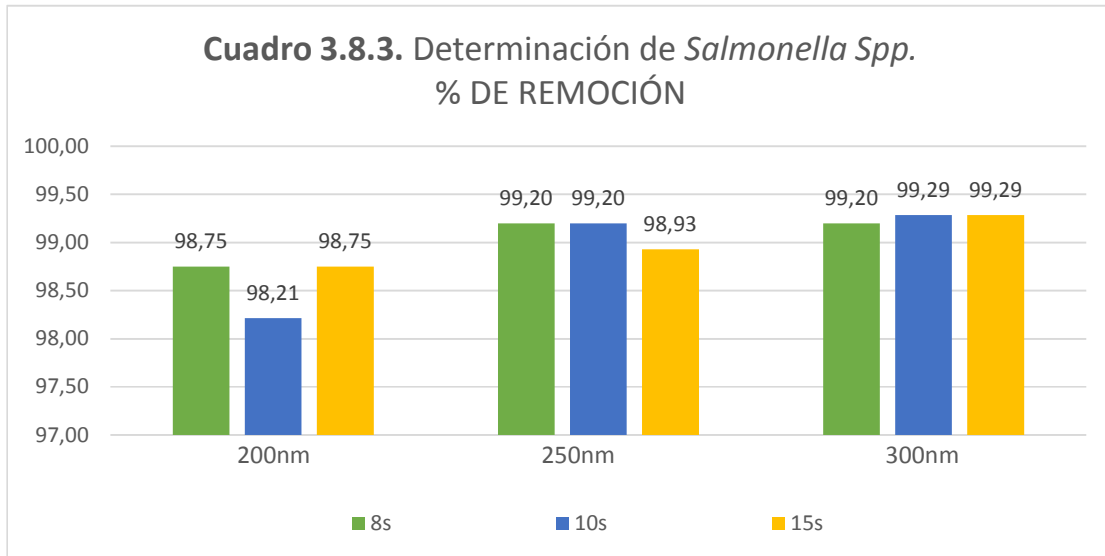
En el cuadro 3.8.1. en que se analizan los *Coliformes totales*, se pudo observar mediante análisis de laboratorio que se inició con un control que nos proporcionó un número más probable (NMP) de 280 y se destaca que este control no se le aplicó tratamiento alguno. Al aplicar el tratamiento se obtuvo un que el tratamiento de 15 segundos de exposición y a una intensidad de 200 nm se logró la remoción de un 60,98%; el mismo tiempo de exposición y con una intensidad de 250 nm se logró

remover un 59,55% y en tanto que, al tiempo de exposición de 15s y con una intensidad de 300 nm se logró la remoción de microorganismos en un 58,39%.



Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En el Cuadro 3.8.2., se detalla que al aplicar el tratamiento y en la determinación de la presencia de *E. coli* se obtuvo un que el tratamiento de 10 segundos de exposición y a una intensidad de 200 nm se logró la remoción de un 98,84%; el mismo tiempo de exposición y con una intensidad de 250 nm se logró remover un 99,38% y en tanto que, al tiempo de exposición de 10s y con una intensidad de 300 nm se logró la remoción de microorganismos de esta índole en un 98,38%; se marca que en el tiempo de exposición de 15s y con las intensidades de 250 nm se removió un 98,93% y con el mismo tiempo de exposición y a una intensidad de 300 nm se hizo una remoción de 99,38%, lo cual determina que conforme aumenta la intensidad lumínica y el tiempo de exposición se vuelve efectivo el tratamiento.



Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En el Cuadro 3.8.3., se detalla que al aplicar el tratamiento y en la determinación de la presencia de *Salmonella spp*, se obtuvo que el tratamiento de 8 segundos de exposición y a una intensidad de 250 nm se logró la remoción de un 99,20%; el mismo tiempo de exposición y con una intensidad de 300 nm se logró remover un 99,20% y en tanto que, al tiempo de exposición de 10s y con una intensidad de 250 nm se logró la remoción de esta clase de microorganismos en un 99,20% y con ese mismo tiempo de exposición y con una intensidad de 300 nm se removió el 99,29% y es destacable que el tratamiento con una intensidad de 300 nm y con tiempo de exposición de 15 segundos se logró la remoción de un 99,29%; lo que permitió determinar que conforme aumenta la intensidad lumínica y el tiempo de exposición se vuelve efectivo el tratamiento.

TABLA 3.8.1. Análisis estadístico de *Coliformes* VS Intensidad Lumínica

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>Coliformes</i> VS Intensidad 200 nm	30,500	5,131	Si
<i>Coliformes</i> VS Intensidad 250 nm	19,577	3,293	Si
<i>Coliformes</i> VS Intensidad 300 nm	8,538	1,436	No

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En la tabla 3.8.1., estadísticamente se analizó los datos obtenidos y al comparar las intensidades de los tratamientos planteados, con el desarrollo de *Coliformes* *totales*; se obtuvo que, para 200nm = 5,131 y un $p < 0,05 = 5,131$ estableciendo que si existen diferencias significativas; para 250nm = 3,293 al compararlo con un $p < 0,05 = 3,293$ y también existen diferencias significativas, en tanto que, para 300nm = 1,436 se comparó con un $p < 0,05 = 1,436$ y para éste tratamiento no existen diferencias significativas; por tanto, la aplicación de la luz ultravioleta como tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto es efectivo de acuerdo a la longitud de onda del rayo ultravioleta, y en este caso se logró remover un 60,98% de *Coliformes* *totales*.

TABLA 3.8.2. Análisis estadístico de *Coliformes* VS Tiempo de exposición

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>Coliformes</i> VS Tiempo 8s	27,308	4,594	Si
<i>Coliformes</i> VS Tiempo 10s	25,692	4,322	Si
<i>Coliformes</i> VS Tiempo 15s	25,000	4,206	Si

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En la tabla 3.8.2., la comparación que se realizó entre los *Coliformes* *totales* versus el tiempo de exposición, permitió obtener diferencias significativas en relación a $p < 0,005$ en todos los tiempos de exposición, lo que permite concluir que al aumentar la longitud de onda (intensidad) y el tiempo de exposición es más efectivo el tratamiento con luz ultravioleta.

TABLA 3.8.3. Análisis estadístico de *Escherichia coli* VS Intensidad Lumínica

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>E. coli</i> VS Intensidad 200 nm	26,615	4,478	Si
<i>E. coli</i> VS Intensidad 250 nm	20,038	3,371	Si
<i>E. coli</i> VS Intensidad 300 nm	19,500	3,281	Si

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En el análisis estadístico, en la tabla 3.8.3.; se logró comparar las intensidades de los tratamientos planteados, con las UFC de *Escherichia coli*; se obtuvo para 200nm = 4,478, para 250nm = 3,371 y para 300nm = 3,281 con un nivel de significancia de 95%, por lo tanto, permitió observar que existieron diferencias significativas y se pudo determinar que la aplicación de la luz ultravioleta como tratamiento del agua de la represa es efectivo, para disminuir la población de *Escherichia coli*.

TABLA 3.8.4. Análisis estadístico de *Escherichia coli* VS Tiempo de exposición

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>E. coli</i> VS Tiempo 8s	26,154	4,400	Si
<i>E. coli</i> VS Tiempo 10s	22,423	3,772	Si
<i>E. coli</i> VS Tiempo 15s	10,192	1,715	No

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

De acuerdo a la comparación que se realizó entre *Escherichia coli* versus el tiempo de exposición, como se describe en la tabla 3.8.4.; también se ratificaron las diferencias significativas, a excepción del tratamiento cuyo tiempo de exposición fue de 15 segundos no presenta diferencia significativa; aquello permitió concluir que al aumentar la longitud de onda (intensidad) y el tiempo de exposición es más efectivo el tratamiento con luz ultravioleta.

TABLA 3.8.5. Análisis estadístico de *Salmonella spp* VS Intensidad lumínica

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>Salmonella spp</i> VS Intensidad 200 nm	23,154	3,895	Si
<i>Salmonella spp</i> VS Intensidad 250 nm	21,962	3,695	Si
<i>Salmonella spp</i> VS Intensidad 300 nm	20,885	3,513	Si

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En el análisis estadístico, que está presente en la tabla 3.8.5.; logró comparar las intensidades de los tratamientos planteados, con las UFC de *Salmonella spp.*; se obtuvo para 200nm = 3,895, para 250nm = 3,695 y para 300nm = 3,513 y con un nivel de significancia $p < 0,05$ de 3,895; 3,695 y 3,513 respectivamente, con aquello se obtuvo diferencias significativas y se pudo determinar que la aplicación de la luz ultravioleta como tratamiento del agua de la represa es efectivo, para disminuir la población de *Salmonella spp*, así mismo como se evidenció en el cuadro 3 en que se marca la tendencia a disminuir la actividad microbiana de *Salmonella spp*, cuando se aumentó la intensidad de la luz ultravioleta.

TABLA 3.8.6. Análisis estadístico de *Salmonella spp* VS Tiempo de Exposición

Comparación	Diferencia de Rango	Q	$p < 0,05$
<i>Salmonella spp</i> VS Tiempo 8s	27,154	4,568	Si
<i>Salmonella spp</i> VS Tiempo 10s	24,192	4,070	Si
<i>Salmonella spp</i> VS Tiempo 15s	12,808	2,155	No

Autores: Briones Y. & López E. © 2018.

En el análisis estadístico de la tabla 3.8.6., comparó a *Salmonella spp* versus el tiempo de exposición, hubo diferencias significativas en los tiempos de exposición de 8s y 10s, en tanto que el tratamiento de 15s de exposición no presentó diferencias significativas y con ello se permitieron determinar que al aumentar la longitud de onda (intensidad) y el tiempo de exposición es más efectivo el tratamiento con luz ultravioleta.

3.9. DISCUSIÓN

Se observa en los resultados obtenidos en esta investigación que, para los *Coliformes totales*, el porcentaje de remoción más alto, fue el de 58,39% y esto correspondió al tratamiento de 15 segundos como tiempo de exposición y a una intensidad lumínica determinada en 300nm. Aquello permitió determinar a éste, como el tratamiento idóneo en la tecnología aplicada en la presente investigación.

En una investigación que se realizó en México por Olivas et al. (2013), en la mayoría de las localidades del Valle de Juárez, Chihuahua, el 92.85% de las muestras de agua de la llave de viviendas, presentaron bacterias *Coliformes totales*, lo cual indicó contaminación y falta de efectividad en la cloración, lo que permitió determinar que dicha desinfección del agua de uso doméstico no es efectiva.

En otra de las investigaciones Cázares y Alcantara (2014), realizada en el agua que abastece en la Ciudad Nezahualcóyotl, indican que el agua no reúne las condiciones microbiológicas para considerarse potable, ya que todas las pruebas presuntivas y confirmativas presentan un NMP importante de *Coliformes totales*, *fecales* y *Escherichia coli* lo que indica que el agua está contaminada con materia fecal.

De acuerdo a las investigaciones antes mencionadas, éstas indican que los procesos tradicionales de desinfección del agua, como la cloración no son tan efectivos para mejorar la calidad microbiológica del agua de consumo con respecto a la presencia de *Coliformes totales*; en tanto que, en esta investigación se logró remover un 60,98% de estos microorganismos debido a que la luz ultravioleta incide sobre el material genético (ADN) de los microorganismos, sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada.

Según el Acuerdo Ministerial 097-A (2015), que modifica al Libro VI en el Anexo 1 del TULSMA; en la tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico; se establece como parámetro permisible un NMP/100 ml. de 1.000 para

Coliformes totales, que al compararlo con los resultados obtenidos durante la investigación; se cumple con la norma ambiental vigente y significativamente se contribuyó a la mejora de la calidad microbiológica del recurso hídrico tratado.

Ríos-Tobón (2017), menciona que: “*el hallazgo de Coliformes, está asociado con infecciones recientes o con presencia de materia orgánica y condiciones de pH, humedad y temperatura que faciliten su reproducción y sobrevivencia*”, de esta manera se puede definir que los factores ambientales, las actividades agrícolas y pecuarias y las actividades antropogénicas, alimentan la posibilidad de existencia de hallazgo de Coliformes en cuerpos de agua superficiales.

En los resultados que se observan para *Escherichia coli*, el porcentaje de remoción más alto fue de 99,38%; dicho porcentaje de remoción también se observa en el tratamiento de 10 segundos como tiempo de exposición y con 250nm de intensidad de luz y también en el tratamiento de 15 segundos de tiempo de exposición con 300nm de intensidad de luz; lo que permitió designar como efectivos a estos tratamientos con la aplicación de la luz ultravioleta en la presente investigación.

Según la OMS (2018) y Aurazo (s.f.), refieren que *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, puede sobrevivir aproximadamente unos 90 días, tanto en el estiércol como en el agua. Además, se ha informado de casos de transmisión, tanto por agua de bebida contaminada como por aguas de recreo; es por aquello de su hallazgo en el muestreo de esta investigación y que de acuerdo a ADEQ (2010) y EPA (2009) los niveles de *Escherichia coli* permitidos para agua potable es cero, nula o simplemente ausente del recurso hídrico de consumo.

La presencia de *Escherichia coli*, alerta sobre una posible contaminación fecal, esto puede deberse a multitud de factores, así como los hallazgos de Tarqui *et al.* (2016), en su estudio de la calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú; evidenciaron la presencia de *Escherichia coli* en un 72% del total de las muestras

en la región de Cajamarca, concluyeron a la posibilidad de ineficiencia del proceso de desinfección y a las condiciones en las que se distribuye el líquido vital.

Otro estudio referente a la calidad sanitaria del agua del Parque Natural Chicaque, (Ávila de Navia y Estupiñán, 2013), evidenciaron en la ciénaga Mata de Palma niveles elevados entre 160000 y 3220000 de UFC/100mL de *Escherichia coli* durante la época de lluvia y en época seca recuentos entre 1 y 11 UFC/100mL de *Escherichia coli*, comparando con los hallazgos de Briones y López durante su investigación, un recuento de 8 UFC/100mL en época seca; esto puede atribuirse a condiciones ambientales desfavorables para la permanencia y sobrevivencia de *Escherichia coli*.

La transmisión de cepas patógenas de *Escherichia coli* por medio de aguas recreativas y de agua de consumo contaminada está bien documentada. Recibió gran atención el brote de transmisión por el agua de la enfermedad causada por *Escherichia coli* 0157:H7 (y *Campylobacter jejuni*) en la población agrícola de Walkerton, en Ontario, Canadá. El brote tuvo lugar en mayo de 2000 y ocasionó siete muertes y más de 2300 casos

de enfermedad. El agua de consumo se contaminó por agua de escorrentía que contenía excrementos de ganado (OMS, 2006)

Los actores de esta investigación descubrieron diferencia en los valores de *Coliformes totales* con respecto a *Escherichia coli*; ellos sostienen y fundamentan aquello con lo que mencionó Ávila de Navia y Estupiñán (2013): “El hecho de que no se hayan encontrado relevantes recuentos de *Escherichia coli* en época seca aun cuando se obtuvieron recuentos de *Coliformes totales* altos, puede explicarse porque la *Escherichia coli* posee menor resistencia a las condiciones ambientales del agua lo que hace que su aislamiento, en cada una de las muestras, sea más difícil”

Además, Rock y Rivera (2014), ADEQ (2010) y EPA (2009) indican que: “Los niveles de *Escherichia coli* no puede exceder de 575 unidades formadoras de colonias (UFC)

por cada 100 ml. de agua para el contacto corporal parcial (CCP)”, de acuerdo a este parámetro y comparándolo con el valor encontrado que fue de 12 UFC/100 ml. éste se encuentra por debajo del parámetro indicado a lo que ellos designaron como apto al cuerpo receptor para el contacto corporal parcial.

Para lo que correspondió a *Salmonella spp*, se observa en los resultados obtenidos, el porcentaje de remoción más alto, fue de 99,29% y esto evidenció una respuesta similar en los tratamientos de 10 segundos como tiempo de exposición y con 300nm de intensidad lumínica y con ello el tratamiento de 15 segundos de tiempo exposición y con 300nm de intensidad de luz ultravioleta siendo estos, los tratamientos efectivos para *Salmonella spp* en la presente investigación.

Según O'Connor citado por Rios-Tobón et al. (2017), describen que: “*Dentro del grupo de enterobacterias encontramos otros géneros como Shigella causante de disentería bacilar; Además, Rock y Rivera (2014) mencionan que: “Salmonella spp puede causar enfermedades como la fiebre tifoidea por el consumo de agua contaminada y Salmonelosis por comer carne de res y pollo contaminado”*”; lo que indica que su presencia tanto en agua como en alimentos es un riesgo para la salud humana

El género *Salmonella spp* está ampliamente distribuido en el medio ambiente, pero algunas especies o serotipos presentan especificidad de hospedador. En concreto, *S. typhi* y, por lo general, *S. Paratyphi* están restringidas al ser humano, aunque *S. Paratyphi* puede infectar ocasionalmente al ganado. (...) Los agentes patógenos típicamente acceden a los sistemas de distribución de agua mediante su contaminación fecal por descargas de aguas residuales, o por el ganado y los animales silvestres. OMS (2006).

Según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2014), describe en la Gaceta Epidemiológica que existieron 376 casos de Infección debida a *Salmonella spp*, en tanto que se reportaron 291 casos de enfermedad Tifoidea y Paratifoidea causadas

por *Salmonella spp Typhi* y *Samonella Paratyphi* respectivamente; los mismos que en su mayoría fueron reportados por las provincias de Guayas y Manabí. Con relación a la SE 4 el número de casos ha incrementado en un 12%. El grupo de edad más afectado es de 20 a 49 años.

La OMS (2006), menciona que: *“La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante”*; por ello fue fundamental que el agua a tratar en esta investigación, haya pasado por un proceso de filtración previa; para que, en su mayor parte, impida la presencia de material particulado o flóculos que impidan aplicar con eficiencia la luz ultravioleta como proceso de desinfección.

Además, la OMS (2006), en las Guías para la calidad del agua potable y Villanueva citado por Peña y Tarazona (2011) mencionan que: *“Una de las principales desventajas del uso del cloro y derivados es que reacciona con mucha materia orgánica y da a lugar a trihalometanos (THM) muchos de los cuales se ha demostrado son tóxicos o carcinogénicos.”* por estos antecedentes se utilizó esta tecnología en la presente investigación, porque no genera residuos peligrosos.

Por las ventajas que representa la utilización de la radiación ultravioleta como mecanismo de desinfección es que Briones y López aplicaron este tratamiento y la además la OPS (1999) hace énfasis en que: *“esta técnica está estrechamente ligada a la calidad del agua (...) y (...) no genera ningún subproducto”*. No obstante: *“En este método se utilizan ondas cortas de radiación ultravioleta que inciden sobre el material genético (ADN) de los microorganismos y los virus, destruyéndolos en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada”* (Tarazona y Peña, 2011).

Según Aurazo (2003), *“Es suficiente la identificación de un grupo determinado de microorganismos con significado higiénico y sanitario. La enumeración de estos*

microorganismos es importante porque nos dará una idea del nivel de contaminación y las cifras resultantes se podrán comparar con los valores propuestos en las normas de calidad del agua”.

La radiación ultravioleta y la fotocátalisis heterogénea guardan relación en cuanto a su mecanismo de acción puesto que, según Guimarães et al. (2002) *“la fotocátalisis heterogénea muestra una serie de ventajas, ya que evita la formación de compuestos halogenados, que pueden ser peligrosos (carcinogénicos o mutagénicos) o malolientes; por otra parte, no es una técnica cara, parece actuar sobre todos los tipos de bacterias, incluyendo Gram (+) y (-), y sobre otros microorganismos”.*

En las Guías para la calidad del agua potable que estableció la OMS (2006) menciona que, con *“la aplicación de radiación ultravioleta, se lograría inactivar bacterias, virus y protozoos tales como Giardia y Criptosporidium en un 99%”* y esto permite comparar esta técnica con *“la fotocátalisis heterogénea con TiO₂; que, en los últimos tiempos, ha sido objeto de varios estudios para evaluar su eficiencia en la inactivación de microorganismos y esterilización en comparación con otras técnicas”*

Dado que la desinfección U.V. sólo requiere tiempos de residencia cortos, los sistemas U.V. ocupan un área menor que los de desinfección química. Los sistemas de desinfección U.V. son modulares, facilitando por lo tanto su expansión y mejoras. Los sistemas U.V. pueden diseñarse fácilmente para caudales pequeños y grandes, lo que los hace adecuados para su uso en casas, así como en grandes plantas de tratamiento municipales. Los sistemas U.V. son de operación y mantenimiento simple, con mínimo peligro de exposición para los trabajadores (Wright y Cairns, s.f.).

4.CAPITULO IV

4.1. CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación planteada dentro de esta tesis, se obtuvieron porcentajes de remoción de 60,98% para *Coliformes Totales*, un 99,38% para disminuir la presencia de *Escherichia coli* y un 99,29% para *Salmonella spp* y con respecto a estos resultados se concluye lo siguiente:

El diseño del reactor, permitió que generar de manera efectiva la energía eléctrica de 9 voltios que fueron necesarios para aplicación del tratamiento con luz ultravioleta.

Se encontró que la población de los microorganismos decrecía conforme aumentaba la intensidad y el tiempo de exposición.

Se logró determinar que la intensidad lumínica de 300nm y el tiempo de exposición de 15 segundos como óptimo para el tratamiento del agua de la represa Caza Lagarto.

5.CAPITULO V

5.1. RECOMENDACIONES

Identificadas las conclusiones de esta investigación científica, se recomienda lo siguiente:

Ampliar el estudio de la acción de los rayos U.V. en la microbiología de otros tipos de agua.

Evaluar la efectividad de la luz U.V. con una dosificación del Dióxido de Titanio (TiO₂), a una razón diferente de 1 gramo por cada 100 ml de muestra

Evaluar mayores tiempos de exposición e intensidades de luz ultravioleta para determinar si los microorganismos poseen resiliencia y que efectos adversos se puedan identificar.

5.2. PROPUESTA

Con la finalización de la presente investigación, se demuestra que las conjugaciones de tecnologías forman parte de la sostenibilidad y la sustentabilidad que rige el conservar los recursos naturales y darle aquella oportunidad de resiliencia a aquellos recursos que ya han sido utilizados. No obstante, queda abierta la alternativa de seguir investigando con las nuevas tecnologías e implementar el ingenio humano para el bien común y la ayuda desinteresada hacia la ecología para que mantenga su equilibrio.

Esta propuesta de innovación tecnológica, permitirá tener agua segura y que cumple con los parámetros establecidos en las normas ambientales vigente, la aplicación de este tratamiento no incide nocivamente en la salud, puesto que no genera compuestos residuales, ni cancerígenos y no colabora en la propagación de enfermedades de origen hídrico.

6. BIBLIOGRAFÍA

2012. En proceso de tratar las aguas residuales. La Hora. Ecuador. HTML Consultado 20 abr. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/6Q54ZY>
- Aguirre, C. 2007. Fondo para la comunicación y la educación ambiental; Contaminación del agua por materia orgánica y microorganismos. Consultado el 17 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/vYfUDt>
- Alley R. 2018. Efectos posteriores a la erupción de un volcán sobre el agua. Geniolandia. HTTP. Consultado 20 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/qEfdky>
- Amigos De La Tierra Internacional (ADTI). 2003. Agua para la vida y el sustento. 3er. Foro Mundial del Agua. Kyoto. PDF. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/w5gQAv>
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/GybNh2>
- Arizona Department of Environmental Quality. 2010 Water Quality. Consultado 18 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/UUsGB4>
- Aurazo, M. 2004. MANUAL PARA ANÁLISIS BÁSICOS DE CALIDAD DEL AGUA DE BEBIDA. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004. Consultado 8 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/YR8VQv>
- Aurazo, M. s.f. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. Capítulo 2. PDF. Págs. 59-97 Consultado 8 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/MFEqrn>
- Beltrán, NA. y Jiménez, BE. 2000. Eficiencia De La Luz Ultravioleta Para La Desinfección De Agua Residual Con Alto Contenido De Patógenos. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/2FaMF3>
- Blanco, J. Malato, S. Estrada, C. Bandala, E. Gelover S. y Leal T. (2017). Purificación De Aguas Por Fotocatálisis Heterogénea: Estado Del Arte. PDF. Consultado 16 de ago. de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/SM56cu>

- Camacho, A., M. Giles, A. Ortégón, M. Palao, B. Serrano y O. Velázquez. (2009). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. Consultado 16 feb. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/pnZDDB>
- Carbotecnia. 2014. ¿Cuáles son los compuestos orgánicos? HTTP. Consultado 20 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/uBrU7C>
- Carmona, A. Ortega, A. Sánchez, A. (2012). Generación de Energía Eléctrica por Pedaleo. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/zoZjEL>
- Carvajal, O. Suyapa A. 2002. Creación y diseño de organismo de cuencas en la Sub Cuenca Rio Copan Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/x4bq6C>
- Cázares, M. Alcantara, A. 2014. ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CIUDAD NEZAHUALCÓYTL, ACORDE A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994. PDF. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/xJmCWy>
- Comisión para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2012. DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DEL AGUA. PDF. Consultado 20 dic. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/MK7itF>
- Concha, L. s.f. La Química Del Agua. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/zPIWsn>
- Del Salto, E. 1998. Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones. Consultado el 19 Sept 2018. Disponible en: <https://goo.gl/K9GrzC>
- Descalcificador10. 2017. Agua potable: Su Historia. Consultado el 24 de sept. Disponible en: <https://goo.gl/iZHZsB>
- Diario La Hora. 2007. El agua que consumen los manabitas no es de calidad. Consultado 24 de sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/eDNZJc>
- Díaz, C. 2010. Catálisis. Universidad Autónoma de Madrid. PDF. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/JQqTuf>

- Díaz, C. 2006. La desinfección y el almacenamiento domiciliario del agua: intervención fundamental en la salud pública. Consultado 20 dic. de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/VjK1Ps>
- El Telégrafo. 2015. En los hogares de Manta prefieren comprar agua de bidón para tomar. Consultado el 24 sept. De 2018. Disponible en: <https://goo.gl/uaAZXY>
- GeoEcuador. 2008. Capítulo 3. Estado Del Agua. PDF. Consultado 20 dic. de 2017. Disponible en: <https://goo.gl/xPkSyJ>
- González, J. González, C. y Chavarría, J. 2016. Análisis Microbiológico Del Agua Del Río Manta Del Cantón Manta De Acuerdo A La Ley Para La Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental Del Ecuador (Lpcca). Consultado 24 de sept. De 2018. Disponible en: <https://goo.gl/fc68qS>
- Guimarães, J. Ibáñez, J. Litter, M. y Pizarro, R. 2002? Desinfección del agua. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/3PSXQx>
- Hanna Instruments. 2013. La importancia de Potabilizar y realizar la Desinfección del Agua. Chile. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/enytXF>
- Hernández, D. 2005. Calidad de las aguas del río Sevilla, Municipio Niquero. Vol. 3, pp.66- 67. Consultado 10 sept. 2018. Disponibe en: <https://goo.gl/Z7Fy46>
- Lenntech. s.f. Historia desinfección del agua. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/8MEDdR>
- Lenntech. 2016. Necesidad del tratamiento del agua. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/CWZxtL>
- Loayza, J. 2009. La problemática del agua y el tratamiento de aguas residuales industriales. Consultado 20 dic. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/1bGmdP>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). 2014. Gaceta Epidemiológica. ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA Y ALIMENTOS. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/SyAEBU>
- Olivas, E. Flores, P. Márgez. Di, G. Corral, B. y Osuna, P. 2013. CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUA POTABLE DEL VALLE DE JUÁREZ. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/RfbCPu>

- Ordoñez, P. 2000. Contaminación química del agua. Aspectos contaminantes del agua. Consultado el 17 sept 2018. Disponible en: <https://goo.gl/q4gdGR>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2017. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Consultado 16 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/iQETSg>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/qhDM3j>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 2007. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/A6jtBE>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2018. *Escherichia coli*. Consultado 16 sept. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/aJBsYK>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2017. Agua, saneamiento e higiene. Consultado 16 sept. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/j39R5n>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. Guías para la calidad del agua potable. Apéndice. Vol. 1. Tercera edición. ISBN 92 4 154696 4. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/jX4vH4>
- Organización Mundial de la Salud (OMS).2000. Agua, saneamiento y salud (ASS). Consultado 20 dic. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/Tnga89>
- Organización Panamericana de Salud (OPS). 2007. Guía para la selección de sistema de desinfección. Lima. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/ZoLqbY>
- Pagiola, S. 2004. Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. Environment Department Paper No. 96. World Bank.
- Pérez, M. y Carlos, S. 2006. ECOBARRIOS. Factibilidad de aplicación en zonas de Vulnerabilidad Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad

- Nacional del Nordeste. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en:
<https://goo.gl/W6oF9L>
- Ramos, X. 2007. Aguas servidas fluyen al mar sin control en cantón Manta. El Universo. Ecuador. HTML. Consultado 20 abr. 2018. Disponible en:
<https://goo.gl/12Mwcr>
- Reid R. s.f. SITUACIÓN DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. OPS/OMS. Consultado 25 Sept. 2018. Disponible en:
<https://goo.gl/RMZVJE>
- Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid R y Gutiérrez-Builes L. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Consultado 10 Sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/3JTrcu>
- Rock, Ch. Y Rivera, B. 2014. La Calidad del Agua, *Escherichia coli* y su Salud. College Of Agriculture And Life Sciences, Arizona. Consultado 10 Sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/SEok5Z>
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Rodríguez Vásquez. Eduardo, P. 2007. Problema por la contaminación del agua EPSA-Mc Graw Hill-Nueva Edición (1999). JisselUrbieta.
- Ruíz, A. y Rodríguez, C. 2013. La importancia del manejo sustentable del agua. UNICEN. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. Consultado 20 dic. 2017. Disponible en:
- Sanchón, MV. s.f. Contaminación Del Agua. Consultado 18 nov. 2017. Disponible en:
<https://goo.gl/ipN6pE>
- Sepúlveda, A. 2018. Principales fuentes de contaminación del agua. Parques Alegres. HTTP. Consultado 20 Sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/3tdXJJ>
- Tarazona R. y Peña D. 2011. ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES EN AGUAS NATURALES UTILIZANDO UN FILTRO TIPO CARTUCHO EMPACADO CON NANOCOMPOSITOS DE FIBRAS DE FIQUE CON NANOPARTÍCULAS DE PLATA. Consultado 10 Sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/nJFUsG>

- Tarqui C. Álvarez D. Gómez G. Valenzuela R. Fernández I. y Espinoza P. 2016. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. PDF. Consultado 16 Sept. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/1QXrQF>
- Tribunal Latinoamericano del Agua (TLA). S.f. Situación Hídrica en América Latina. América Latina: Un continente Rico en Agua. Consultado 20 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/PC55M6>
- United States Environmental Protection Agency. 2009 Water Quality Standards. Consultado 18 Sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/QadKJc>
- Vaquerizo, M. 2016. Ciencias aplicadas a la actividad profesional 4º ESO. Consultado el 19 sept 2018. Disponible en: <https://goo.gl/wTppn7>
- Vargas P. 2014. PROGRAMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PORTOVIEJO. Consultado el 24 sept. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/Jzsv6w>
- Velasco, D. 2017. Contaminación de ríos y lagos. Nutrientes vegetales inorgánicos. Consultado el 20 sept 2018. Disponible en: <https://goo.gl/vEUkhT>
- Villanueva, JC. 2011. Fotocatálisis con TiO₂/ultravioleta y TiO₂ CuSO₄/visible como sistemas de desinfección para inactivar *Escherichia coli* proveniente de agua residual doméstica. Consultado 18 ene. 2018. Disponible en: <https://goo.gl/2DPeF4>
- Witt VM. y Reiff, FM. 1993. La Desinfección del Agua a Nivel Casero en Zonas Urbanas Marginales y Rurales. OPS (Organización Panamericana de Salud). Consultado 18 nov. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/jQsYKF>
- Wright, H. B. y Cairns W. L. (s/f). DESINFECCION DE AGUA POR MEDIO DE LUZ ULTRAVIOLETA. Canadá. PDF. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en: <https://goo.gl/TJL67T>

7. ANEXOS

ANEXO 7.1.

Acuerdo Ministerial 097-A (2015), Modificación al Libro VI Anexo 1 del TULSMA.
 Tabla 1. Criterio de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.



ANEXO 7.2. Ensamble de lámpara UV en el interior del filtro.



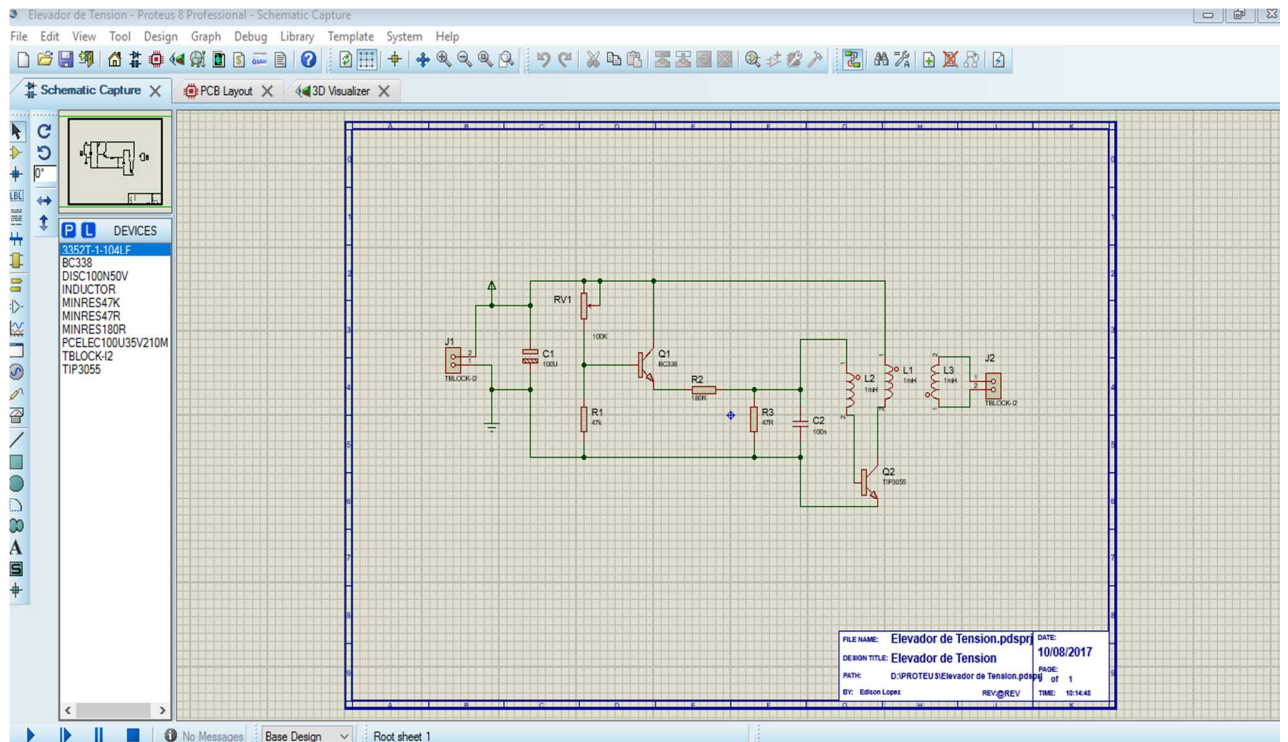
ANEXO 7.3. Ensamble y montaje del filtro en el reactor.



ANEXO 7.4. Pruebas de funcionamiento del generador eléctrico.



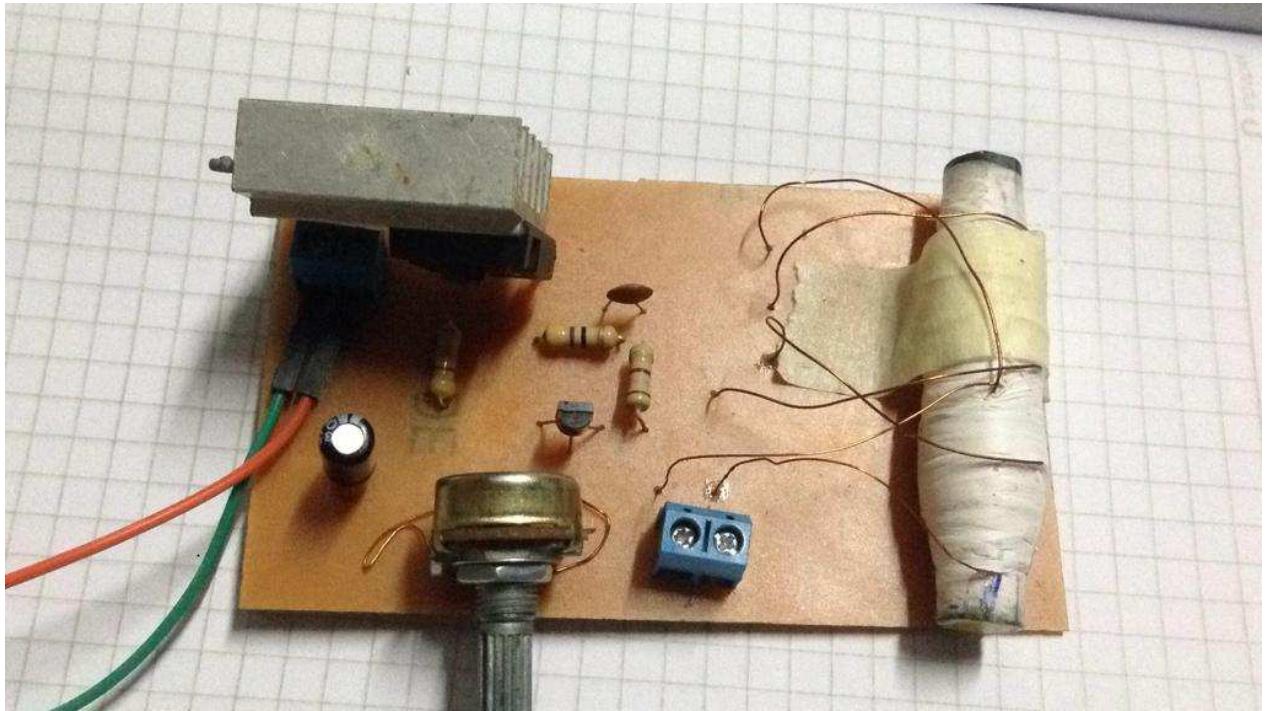
ANEXO 7.5. Montaje del Reactor o sistema



ANEXO 7.6. Diseño de la tarjeta electrónica en el Software Proteus 8 Professional



ANEXO 7.7. Tarjeta electrónica terminada y lista para su ensamble electrónico.



ANEXO 7.8. Ensamble de componentes electrónicos a la tarjeta electrónica.



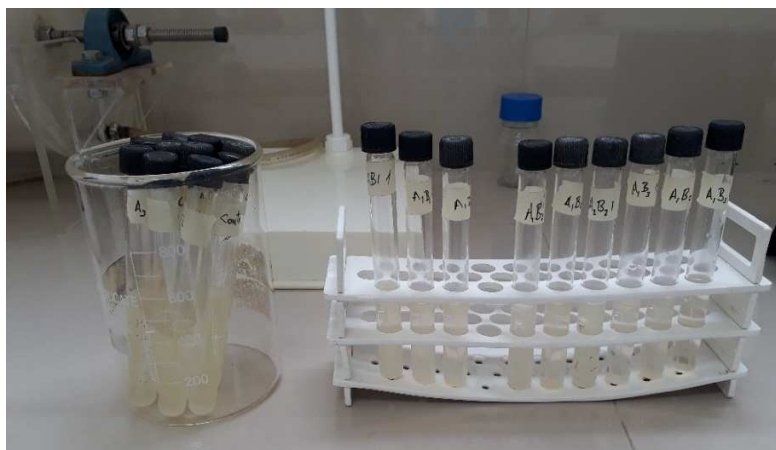
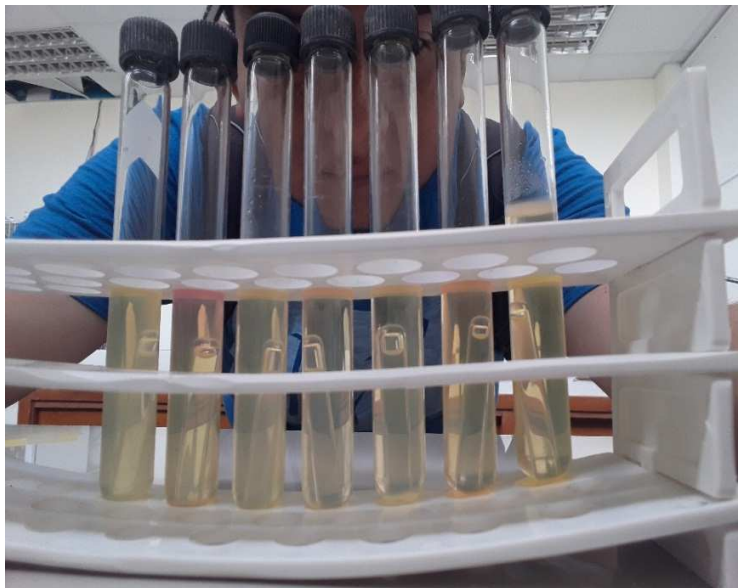
ANEXO 7.9. Prueba de funcionamiento de tarjeta electrónica y el encendido de la lámpara UV.



ANEXO 7.10. Captación del agua



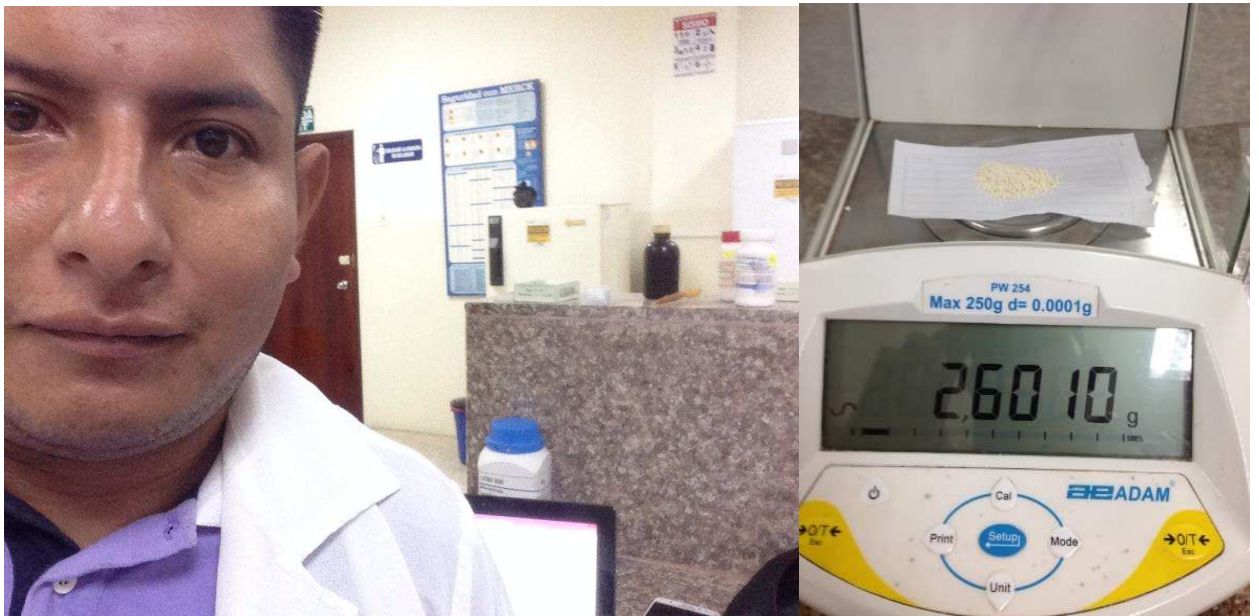
ANEXO 7.11. Autoclavado del material de vidrio a utilizar y preparación del medio de cultivo caldo lactosado.



ANEXO 7.12. Análisis de laboratorio, prueba presuntiva para Coliformes, se consideran positivos por la presencia de turbidez y de gas en el interior de la campana de Durham®



ANEXO 7.13. Análisis de laboratorio, revisión bibliográfica, cálculo y preparación del medio de cultivo bilis verde brillante.



ANEXO 7.14. Utilización de las instalaciones y equipos de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM.